

HANYA UNTUK DIBACA DISINI

Jagung

Teknik Produksi dan Pengembangan



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

2007

Jagung

Teknik Produksi dan Pengembangan

Penyunting

Sumarno

Suyanto

Adi Widjono

Hermanto

Husni Kasim

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

2007

Pengantar

Dewasa ini jagung tidak hanya digunakan untuk bahan pangan, tetapi juga untuk pakan dan bahan baku beberapa industri strategis dengan kebutuhan yang terus meningkat. Produksi nasional jagung tampaknya belum mampu memenuhi semua kebutuhan dalam negeri sehingga adakalanya pemerintah harus mengimpor.

Pemerintah telah berupaya meningkatkan produksi jagung melalui berbagai kebijakan dan program, baik intensifikasi maupun ekstensifikasi. Penelitian terhadap komoditas ini terus pula dilakukan untuk menghasilkan inovasi teknologi yang mampu memberikan kontribusi bagi upaya peningkatan produksi. Melalui penelitian jangka panjang, Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Tanaman Pangan telah menghasilkan inovasi teknologi jagung dari berbagai aspek. Untuk mendukung upaya peningkatan produksi nasional, hasil-hasil penelitian tersebut antara lain dipublikasikan dalam buku *Jagung* yang diterbitkan untuk pertama kalinya pada tahun 1985. Buku ini mendapat apresiasi dari berbagai kalangan dan dijadikan sumber rujukan dalam penelitian dan pengembangan jagung.

Dengan makin berkembangnya penelitian dan inovasi teknologi jagung selama dua dasawarsa terakhir, Puslitbang Tanaman Pangan menerbitkan buku *Jagung* yang baru. Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan telaah pustaka, yang diharapkan dapat menjadi “pegangan utama” bagi penentu kebijakan, akademisi, penyuluh pertanian, peneliti, dan pihak lain yang berminat mengembangkan jagung. Dalam buku setebal lebih dari 500 halaman ini dibahas secara komprehensif tentang morfologi tanaman, plasma nutfah, pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas unggul, budi daya, pengelolaan organisme pengganggu tanaman, pascapanen, pengolahan jagung untuk pakan dan pangan, baik secara tradisional maupun modern, sosial-ekonomi, dan aspek kebijakan.

Kepada penulis, penyunting, dan pihak lain yang telah berkontribusi dalam penerbitan buku ini saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih.

Bogor, Desember 2007

Kepala Pusat,

Prof. Dr. Suyamto

Daftar Isi

Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Asal, Sejarah, Evolusi, dan Taksonomi Tanaman Jagung	1
<i>R. Neni Iriany, M. Yasin H.G., dan Andi Takdir M.</i>	
Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung	16
<i>Nuning Argo Subekti, Syafruddin, Roy Effendi, dan Sri Sunarti</i>	
Pengelolaan Plasma Nutfah Jagung	29
<i>Sutoro dan Nani Zuraida</i>	
Keragaman Hayati Plasma Nutfah Jagung	42
<i>M. Yasin H.G., S. Singgih, M. Hamdani, dan Sigit B. Santoso</i>	
Pembentukan Varietas Unggul Jagung Bersari Bebas	55
<i>Made J. Mejaya, M. Azrai, dan R. Neni Iriany</i>	
Pembentukan Varietas Jagung Hibrida	74
<i>Andi Takdir M., Sri Sunarti, dan Made J. Mejaya</i>	
Pemuliaan Jagung Khusus	96
<i>M. Azrai, Made J. Mejaya, dan M. Yasin H.G.</i>	
Prospek Penggunaan Markah Molekuler dalam Program Pemuliaan Jagung	110
<i>Marcia B. Pabendon, M. Azrai, dan F. Kasim, dan Made J. Mejaya</i>	
Jagung Transgenik dan Perkembangan Penelitian di Indonesia	134
<i>Sustiprijatno</i>	
Pengelolaan Benih Jagung	145
<i>Sania Saenong, M. Azrai, Ramlah Arif, dan Rahmawati</i>	
Sistem Perbenihan Jagung	177
<i>Bahtiar, S. Pakki, dan Zubachtirodin</i>	
Budi Daya Jagung dan Diseminasi Teknologi	192
<i>M. Akil dan Hadijah A. Dahlan</i>	
Pengelolaan Hara pada Tanaman Jagung	205
<i>Syafruddin, Faesal, dan M. Akil</i>	
Pengelolaan Air Tanaman Jagung	219
<i>M. Aqil, I.U. Firmansyah, dan M. Akil</i>	
Pengendalian Gulma pada Pertanaman Jagung	238
<i>A.F. Fadhly dan Fahdiana Tabri</i>	
Teknologi Mekanisasi Budi Daya Jagung	255
<i>A. Hendriadi, I.U. Firmansyah, dan M. Aqil</i>	

Pengelolaan Hama Prapanen Jagung	274
<i>M.S. Pabbage, A.M. Adnan, dan N. Nonci</i>	
Pengelolaan Penyakit Prapanen Jagung	305
<i>Wasmo Wakman dan Burhanuddin</i>	
Pengelolaan Hama Pascapanen Jagung	336
<i>J. Tandiabang, A. Tenrirawe, dan Surtikanti</i>	
Pengelolaan Penyakit Pascapanen Jagung	351
<i>Syahrir Pakki dan A. Haris Talanca</i>	
Penanganan Pascapanen Jagung	364
<i>I.U. Firmansyah, M. Aqil, dan Yamin Sinuseng</i>	
Teknologi Pengolahan Jagung	386
<i>Nur Richana dan Suarni</i>	
Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung	410
<i>Suarni dan S. Widowati</i>	
Limbah Tanaman dan Produk Samping Industri Jagung untuk Pakan	427
<i>Budi Tangendjaja dan Elizabeth Wina</i>	
Perkembangan Produksi dan Kebijakan dalam Peningkatan Produksi Jagung	456
<i>Siwi Purwanto</i>	
Wilayah Produksi dan Potensi Pengembangan Jagung	462
<i>Zubachtirodin, M.S. Pabbage, dan Subandi</i>	
Gambaran Umum Ekonomi Jagung Indonesia	474
<i>Faisal Kasryno, Effendi Pasandaran, Suyamto, dan Made O. Adnyana</i>	
Tata Niaga Jagung	498
<i>I G.P. Sarasutha, Suryawati, dan Margaretha SL</i>	

Asal, Sejarah, Evolusi, dan Taksonomi Tanaman Jagung

R. Neni Iriany, M. Yasin H.G., dan Andi Takdir M.
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung merupakan tanaman serealia yang paling produktif di dunia, sesuai ditanam di wilayah bersuhu tinggi, dan pematangan tongkol ditentukan oleh akumulasi panas yang diperoleh tanaman. Luas pertanaman jagung di seluruh dunia lebih dari 100 juta ha, menyebar di 70 negara, termasuk 53 negara berkembang. Penyebaran tanaman jagung sangat luas karena mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai lingkungan. Jagung tumbuh baik di wilayah tropis hingga 50° LU dan 50° LS, dari dataran rendah sampai ketinggian 3.000 m di atas permukaan laut (dpl), dengan curah hujan tinggi, sedang, hingga rendah sekitar 500 mm per tahun (Dowswell *et al.* 1996). Pusat produksi jagung di dunia tersebar di negara tropis dan subtropis.

Tanaman jagung tumbuh optimal pada tanah yang gembur, drainase baik, dengan kelembaban tanah cukup, dan akan layu bila kelembaban tanah kurang dari 40% kapasitas lapang, atau bila batangnya terendam air. Pada dataran rendah, umur jagung berkisar antara 3-4 bulan, tetapi di dataran tinggi di atas 1000 m dpl berumur 4-5 bulan. Umur panen jagung sangat dipengaruhi oleh suhu, setiap kenaikan tinggi tempat 50 m dari permukaan laut, umur panen jagung akan mundur satu hari (Hyene 1987).

Areal dan agroekologi pertanaman jagung sangat bervariasi, dari dataran rendah sampai dataran tinggi, pada berbagai jenis tanah, berbagai tipe iklim dan bermacam pola tanam. Tanaman jagung dapat ditanam pada lahan kering beriklim basah dan beriklim kering, sawah irigasi dan sawah tadah hujan, toleran terhadap kompetisi pada pola tanam tumpang sari, sesuai untuk pertanian subsistem, pertanian komersial skala kecil, menengah, hingga skala sangat besar. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman jagung rata-rata 26-30°C dan pH tanah 5,7-6,8 (Subandi *et al.* 1988). Produksi jagung berbeda antardaerah, terutama disebabkan oleh perbedaan kesuburan tanah, ketersediaan air, dan varietas yang ditanam. Variasi lingkungan tumbuh akan mengakibatkan adanya interaksi genotipe dengan lingkungan (Allard and Brashaw 1964), yang berarti agroekologi spesifik memerlukan varietas yang spesifik untuk dapat memperoleh produktivitas optimal.

ASAL TANAMAN JAGUNG

Banyak pendapat dan teori mengenai asal tanaman jagung, tetapi secara umum para ahli sependapat bahwa jagung berasal dari Amerika Tengah atau Amerika Selatan. Jagung secara historis terkait erat dengan suku Indian, yang telah menjadikan jagung sebagai bahan makanan sejak 10.000 tahun yang lalu.

Teori Asal Asia

Tanaman jagung yang ada di wilayah Asia diduga berasal dari Himalaya. Hal ini ditandai oleh ditemukannya tanaman keturunan jali (jagung jali, *Coix* spp.) dengan famili Andropogoneae. Kedua spesies ini mempunyai lima pasang kromosom. Namun teori ini tidak mendapat banyak dukungan.

Teori Asal Andean

Tanaman jagung berasal dari dataran tinggi Andean Peru, Bolivia, dan Ekuador. Hal ini didukung oleh hipotesis bahwa jagung berasal dari Amerika Selatan dan jagung Andean mempunyai keragaman genetik yang luas, terutama di dataran tinggi Peru. Kelemahan teori ini adalah tidak ditemukan kerabat liar jagung seperti teosinte di dataran tinggi tersebut. Mangelsdorf seorang ahli biologi evolusi yang mengkhususkan perhatian pada tanaman jagung menampik hipotesis ini.

Teori Asal Meksiko

Banyak ilmuwan percaya bahwa jagung berasal dari Meksiko, karena jagung dan spesies liar jagung (teosinte) sejak lama ditemukan di daerah tersebut, dan masih ada di habitat asli hingga sekarang. Hal ini juga didukung oleh ditemukannya fosil tepung sari dan tongkol jagung dalam gua, dan kedua spesies mempunyai keragaman genetik yang luas. Teosinte dipercaya sebagai nenek moyang (progenitor) tanaman jagung.

Jagung telah dibudidayakan di Amerika Tengah (Meksiko bagian selatan) sekitar 8.000-10.000 tahun yang lalu. Dari penggalian ditemukan fosil tongkol jagung dengan ukuran kecil, yang diperkirakan usianya mencapai sekitar 7.000 tahun. Menurut pendapat beberapa ahli botani, teosinte (*Zea mays* sp. *Parviglumis*) sebagai nenek moyang tanaman jagung, merupakan tumbuhan liar yang berasal dari lembah Sungai Balsas, lembah di Meksiko Selatan. Bukti genetik, antropologi, dan arkeologi menunjukkan bahwa daerah asal jagung adalah Amerika Tengah dan dari daerah ini jagung tersebar dan ditanam di seluruh dunia.

Proses domestikasi teosinte telah berlangsung paling tidak 7.000 tahun yang lalu oleh penduduk asli Indian, dibarengi oleh terjadinya mutasi alami dan persilangan antarsubspesies, sehingga masuk gen-gen dari subspesies lain, di antaranya dari *Zea mays* sp. Mexicana. Karena adanya proses persilangan alamiah tersebut menjadikan jagung tidak lagi dapat hidup secara liar di habitat hutan, karena memerlukan sinar matahari penuh. Hingga kini diperkirakan terdapat 50.000 varietas jagung, baik varietas lokal maupun varietas unggul hasil pemuliaan. Sifat tanaman jagung yang menyerbuk silang memungkinkan terjadinya perubahan komposisi genetik secara dinamis. Varietas lokal terbentuk melalui proses isolasi genotipe yang mengalami aklimatisasi dan adaptasi terhadap agroklimat spesifik.

EVOLUSI TANAMAN JAGUNG

Menurut ahli biologi evolusi, jagung yang ada sekarang telah mengalami evolusi dari tanaman sereal primitif, yang bijinya terbuka dan jumlahnya sedikit, menjadi tanaman yang produktif, biji banyak pada tongkol tertutup, mempunyai nilai jual yang tinggi, dan banyak ditanam sebagai bahan pangan. Nenek moyang tanaman jagung masih menjadi kontroversi, ada tiga teori yang mengatakan tanaman jagung berasal dari *pod corn*, kerabat liar jagung *tripsacum* dan teosinte.

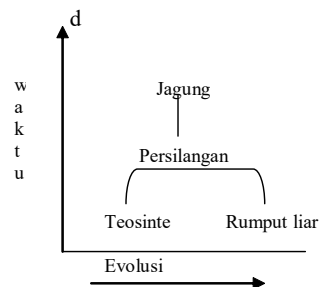
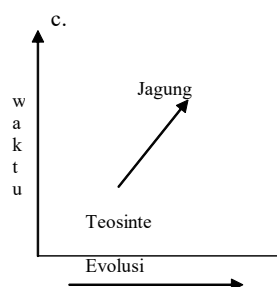
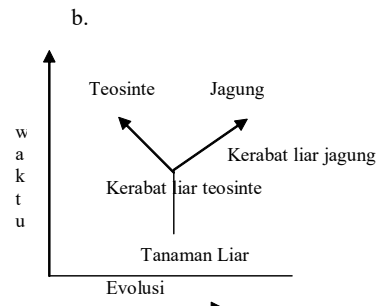
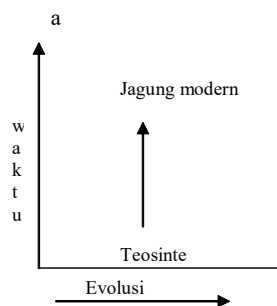
Mangelsdorf mengatakan *pod corn* sebagai nenek moyang tanaman jagung merupakan tanaman liar yang terdapat di dataran rendah Amerika Utara. Teosinte merupakan hasil persilangan antara jagung dan *tripsacum*. Namun teori ini juga hilang karena tidak didukung oleh data sitotaksonomi dan sitogenetik dari jagung dan teosinte. Menurut Weatherwax (1954, 1955) dan Mangelsdorf (1974), nenek moyang tanaman jagung berasal dari tanaman liar di dataran tinggi Meksiko atau Guatemala, namun teori ini juga tidak bertahan lama. Randolph (1959) mengemukakan bahwa nenek moyang tanaman jagung berasal dari kerabat liar tanaman jagung. Sebelum jagung primitif teosinte dan *tripsacum* ditemukan, tanaman liar jagung banyak digunakan dan dibudidayakan. Menurut Longley (1941), jagung merupakan mutasi dan seleksi secara alami dari teosinte. Biji teosinte terbungkus berbentuk buah yang keras. Komponen buah ini sama dengan buah jagung, tapi dalam perkembangannya terjadi evolusi, sehingga tidak terbungkus seperti teosinte, dan berubah menjadi tongkol.

Doebly dan Stec (1991, 1993), Doebly *et al.* (1990), dan Dorweiler *et al.* (1993) melakukan penelitian dan menguraikan serta memetakan secara genetik dengan *quantitative trait loci* (QTL) *tga1* (*teosinte glume architecture 1*), yang menunjukkan kunci perbedaan teosinte dan jagung. Apabila QTL dari jagung, *tga1*, ditransfer ke teosinte, intinya tidak berpegang erat dalam

cupule dan terpisah. Percobaan sebaliknya, *tga1* teosinte ditransfer ke tanaman jagung, glume menjadi lebih indurate dan berkembang seperti karakter teosinte. Penemuan lokus *tga1* merupakan salah satu bukti evolusi dari bentuk teosinte menjadi jagung. Hal itu juga menggambarkan terjadinya perubahan adaptasi baru, perkembangannya ditentukan oleh satu lokus dan proses perubahan itu merupakan bukti yang kuat (Orr and Coyne 1992). Ilitis dan Doebley (1980) mengemukakan bahwa jagung dan teosinte adalah dua subspecies dari *Zea mays*, tetapi pandangan ini tidak diterima secara luas oleh pemulia jagung.

Beberapa ilmuwan tidak setuju dengan teori jagung berasal melalui proses evolusi dari teosinte dan lebih percaya teori jagung berasal dari kerabat liar jagung. Oleh karena itu, Wilkes (1979) serta Wilkes dan Goodman (1995) meringkas teori asal usul tanaman jagung menjadi empat aliran sebagai berikut:

- Evolusi jagung liar teosinte langsung menjadi jagung modern melalui proses persilangan dan fiksasi genetik (*genetic shift*).
- Jagung dan teosinte berasal dari nenek moyang yang sama, dan terpisah selama proses evolusi menjadi teosinte dan jagung.
- Terjadi kemajuan genetik dari teosinte menjadi jagung.
- Terjadi persilangan antara teosinte dengan rumput liar, keturunannya menjadi jagung.



Plasma nutfah teosinte telah masuk (*introgressed*) secara ekstensif ke dalam genome jagung selama masa evolusi beribu-ribu tahun, dan keturunannya menyebar di Meksiko. Dari bukti genetika yang ada disimpulkan bahwa nenek moyang tanaman jagung melibatkan teosinte yang telah mengalami mutasi beberapa lokus utama. Perubahan telah terjadi, dari rumput menjadi tanaman produktif berbentuk tongkol berisi butir yang dapat dimakan. Perubahan sejak awal abad XX dipercepat melalui proses seleksi oleh pemulia jagung, sehingga diperoleh bentuk tanaman jagung modern dan varietas unggul. Hingga sekarang tidak ada bukti yang nyata telah terjadi introgresi gen dari *Maydeae* ke jagung. Persilangan spesies *Coix* dengan jagung juga tidak berhasil. Transfer gen dari sorgum (famili *Andropogoneae*) melalui persilangan juga belum berhasil, yang berarti tidak ada hubungan genetika antara jati dan sorgum dengan tanaman jagung.

Teosinte dan jagung adalah individu yang secara genetika terpisah, gen untuk toleran cekaman abiotik dari teosinte dapat ditransfer ke jagung. Kromosom teosinte di tingkat genom berbeda dengan kromosom jagung. Gallinat (1988) percaya telah terjadi transformasi, dari teosinte menjadi jagung karena bantuan manusia, dan variabilitas genetika baru pada populasi teosinte masuk ke genom tanaman jagung. Penemuan tanaman liar perennial teosinte (*Zea diploperennis*) membuka berbagai kemungkinan hubungan teosinte dengan jagung.

Tripsacum termasuk kerabat liar jagung, bukan turunan persilangan dengan teosinte maupun jagung. *Tripsacum* merupakan satu-satunya genus yang telah disilangkan dengan jagung dan keturunannya dapat tumbuh sampai dewasa dan berbuah. Kemungkinan spesies ini diploid dengan 36 kromosom. De Wet dan Harlan (1974, 1978) dan Leblanc *et al.* (1995) melaporkan persilangan antara jagung dengan beberapa tetraploid spesies *tripsacum*. Kromosom *tripsacum* dapat diganti oleh kromosom jagung dan introgresi gen-gen antarjagung dan *tripsacum* telah terjadi sejak lama.

Dalam analisis genetika modern, genus *tripsacum* berkaitan dengan tanaman jagung, sehingga jagung merupakan spesies dari *Tripsaceae*.

Evolusi dan penyebaran tanaman jagung sangat ditentukan oleh manusia. Dalam periode antara 5.000 SM dan 1.000 M terjadi mutasi alami dan persilangan antara kelompok jagung, serta proses aklimatisasi dan seleksi spesifik oleh petani, terutama dari aspek ukuran, warna, dan karakteristik biji. Jagung berkembang dari tanaman yang kecil, tongkol terbuka, menjadi tanaman yang mempunyai banyak baris (*multi rows*), produksi tinggi dan kelobot tertutup, sehingga memerlukan bantuan manusia untuk memisahkan biji dari tongkolnya untuk tumbuh dan berkembang.

Pada sekitar tahun 1.000 M, tanaman jagung tradisional telah berkembang menjadi tanaman jagung modern. Umumnya pengembangan tanaman dilakukan dengan seleksi secara sederhana, dengan mempertahankan tongkol yang diinginkan dan benihnya ditanam pada musim berikutnya. Keragaman antartongkol dipengaruhi oleh lingkungan, sehingga mengaburkan perbedaan genetik dalam hasil, tinggi tanaman, dan karakter kuantitatif lainnya, sehingga seleksi berdasarkan karakter ini belum mampu mempercepat peningkatan hasil biji.

Penelitian filogenetik menunjukkan bahwa jagung merupakan keturunan langsung dari teosinte (*Zea mays* ssp. *Parviglumis*). Seperti jagung, teosinte mempunyai 10 pasang kromosom, yang secara sitogenetik sama dengan jagung dan persilangannya menghasilkan keturunan yang fértil.

Persamaan jagung dan teosinte:

- Keduanya mempunyai bunga jantan terpisah berupa tassel yang terletak di atas tongkol dan bunga betina terletak pada cabang lateral bagian samping (ketiak daun).
- Keduanya mempunyai 10 pasang kromosom.
- Persilangan jagung dengan teosinte menghasilkan keturunan yang fertil.

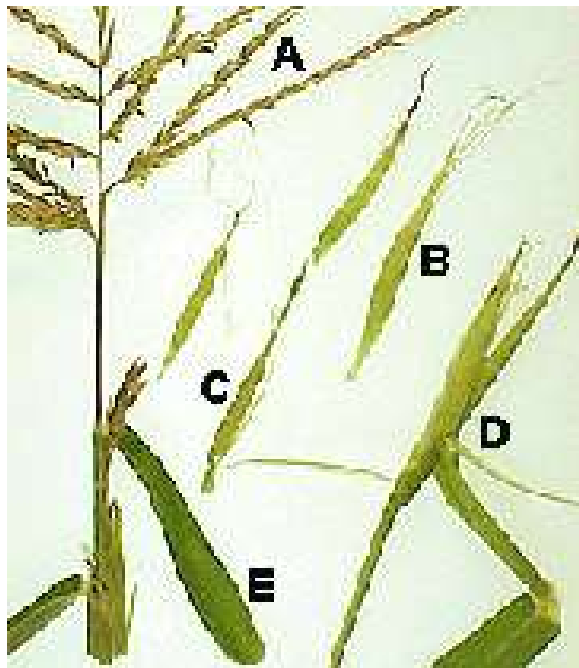
Perbedaan jagung dan teosinte:

- Perbedaan yang spesifik terutama pada organ betinanya.

Jagung (<i>Zea mays</i> sp.)	Teosinte (<i>Zea mexicana</i> sp.)
- Tongkol tertutup oleh kelobot, biji tidak mudah lepas dari tongkol.	- Biji jatuh sendiri jika sudah matang
- Tongkol terdiri atas banyak baris biji (<i>multi rows</i>).	- Tongkol kecil, terdiri atas enam baris biji atau lebih
- Bijinya penuh mengelilingi janggol dan terbungkus kelobot.	- Setiap biji terbungkus oleh glume dan kelobot yang keras (cupule)

Manusia sangat berperan dalam menyeleksi karakter-karakter pada teosinte sampai menjadi jagung modern seperti yang dikenal sekarang. Di habitat asalnya (Meksiko), teosinte tumbuh liar dan disebut sebagai *madre de maiz* atau ibu tanaman jagung (Gambar 1).

Pada Gambar 2 terlihat tongkol teosinte yang terbungkus kelobot, sebaris biji teosinte yang terbungkus cupule dan barisan bijinya terdiri atas tujuh biji. Teosinte mempunyai tongkol yang lebih kecil dibandingkan dengan tongkol jagung modern. Tongkol jagung modern terbungkus oleh kelobot. Bunga betina jagung modern berbentuk serabut, biasa disebut silk, bunga betina ditutup oleh kelobot dan di dalamnya terdapat barisan biji.



- A. Bunga jantan (tassel)
- B. Bunga betina (tongkol)
- C. Kelobot tongkol terbuka memperlihatkan satu barisan biji
- D. Daun tertarik, memperlihatkan dua tongkol
- E. Daun

Gambar 1. Teosinte (*Zea mexicana*)



Gambar 2. Tongkol teosinte dan tongkol jagung modern
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)



Gambar 3. Tassel yang memproduksi pollen pada teosinte dan jagung modern
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)

Bunga jantan berupa tassel pada teosinte maupun jagung terletak di bagian atas dan memproduksi pollen atau serbuk sari (Gambar 3). Produksi serbuk sari ditandai oleh pecahnya kantong sari pada tassel, dan bila bunga betina sudah berambut maka penyerbukan akan berlangsung.

Salah satu hipotesis yang menjelaskan teosinte merupakan nenek moyang tanaman jagung adalah dengan melihat perubahan barisan biji teosinte yang mengalami seleksi oleh alam dan manusia serta mutasi tunicate menjadi tanaman jagung jenis *pod corn*.

Pada awalnya biji teosinte tersusun dalam satu baris tunggal. Setiap biji terbungkus oleh kelobot yang keras (cupule) dan sepasang glume (Gambar 4). Satu baris biji ini seperti satu tongkol pada jagung modern. Pembungkus cupule sangat keras sehingga sulit dibuka, mungkin hal ini yang menyebabkan teosinte membuang sendiri bijinya jika sudah dewasa. Biji-biji teosinte keras, endospermnya mengkilap seperti endosperm pada jagung *pop corn*. Jika dipanaskan, kandungan airnya menguap dan zat pati dalam endosperma akan meletus.

Gambar 5 memperlihatkan barisan biji teosinte mengalami mutasi tunicate, di mana biji-bijinya hanya terbungkus oleh glume (tanpa cupule). Biji-biji yang terbungkus oleh glume mudah pecah. Seleksi yang dilakukan oleh petani Columbia untuk mengurangi ukuran glume tunicate menghasilkan tongkol dengan banyak barisan biji yang dapat dimakan. Setiap biji



Gambar 4. Susunan biji teosinte.
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)



Gambar 5. Biji-biji yang terbungkus oleh sepasang glume (tanpa cupule).
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)



Gambar 6. Barisan biji pada *pod corn*.
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)

pada tongkol terbungkus oleh glume dan tongkolnya juga terbungkus oleh kelobot. Jenis jagung ini dikenal sebagai *pod corn* (Gambar 6). *Pod corn* kemudian ditanam dan diseleksi lebih lanjut sehingga menghasilkan jagung modern seperti yang dikembangkan saat ini.

Warna biji jagung bermacam-macam, merah, ungu, kuning, dan putih. Kadang-kadang ada biji jagung yang berwarna ungu dengan titik-titik yang berwarna putih. Titik warna putih pada biji jagung tidak sesuai dengan prinsip genetika Mendel. Mungkin individu ini mempunyai biji-biji yang banyak warna, bukan satu warna. Hal ini merupakan penjelasan dari terjadinya transpos gen atau *jumping* (pelompatan) gen.

PENYEBARAN TANAMAN JAGUNG

Berdasarkan bukti genetik, antropologi, dan arkeologi diketahui bahwa daerah asal tanaman jagung adalah Amerika Tengah (Meksiko bagian selatan), kemudian dibawa ke Amerika Selatan (Ekuador) sekitar 7.000 tahun yang lalu, dan mencapai daerah pegunungan di selatan Peru sekitar 4.000 tahun yang lalu.

Sejak 1.000 tahun yang lalu, petani di Meksiko telah menyeleksi tanaman jagung, termasuk memilih tongkol yang besar untuk ditanam pada musim berikutnya. Seleksi tongkol yang besar ini digunakan untuk memelihara kemurnian jagung yang diinginkan. Di dataran tinggi Meksiko yang dikenal sebagai pusat jagung terdapat suatu upacara keagamaan setelah panen, para petani membawa tongkol jagung. Petani yang membawa tongkol jagung yang paling besar dan terbaik diberi penghargaan dan paling dihormati dalam upacara ini. Dari Meksiko dan Amerika Tengah, jagung tersebar ke Amerika Latin, Karibia, dan Amerika Utara, yang dikembangkan oleh orang Indian.

Colombus menemukan jagung di Kuba pada tahun 1492 dan membawanya ke Spanyol untuk dikembangkan. Colombus juga kemungkinan membawa biji jagung Caribbean tipe mutiara ke Spanyol pada tahun 1493. Kemudian penjelajah dari Eropa Selatan membawa jagung ke Eropa Barat dan pada akhir tahun 1500an, jagung sudah ditanam di hampir seluruh Eropa seperti Italia dan Perancis bagian selatan. Di Eropa, kira-kira selama 100 tahun pada abad XVI, jagung banyak dikonsumsi sebagai sayur dan merupakan tanaman komersial.

Sekitar awal tahun 1500an, pedagang Portugis membawa jagung ke Afrika. Awalnya jagung tidak mendapat perhatian, baru pada tahun 1700an menjadi tanaman yang populer di Afrika Barat dan Tengah, khususnya di Kongo, Benin, dan Nigeria bagian barat. Pedagang Portugis dan pedagang Arab dari Zanzibar membawa jagung ke Asia Selatan melalui darat dan laut pada awal tahun 1500an, kemudian memperkenalkan jagung di pesisir pantai India bagian barat dan Pakistan bagian barat laut. Para pedagang juga memperkenalkan jagung di daerah pegunungan Himalaya. Anderson (1945) serta Stonor dan Anderson (1949) mengklaim bahwa Himalaya merupakan pusat kedua asal tanaman jagung. Beberapa bentuk tanaman jagung ditemukan di daerah Sikkim dan Bhutan Himalaya dan tidak ditemukan di tempat lain, seperti jagung tradisional Sikkim.

Jagung mulai berkembang di Asia Tenggara pada pertengahan tahun 1500an dan pada awal tahun 1600an, yang berkembang menjadi tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia, Filipina, dan Thailand. Ada



Gambar 7. Biji jagung *pod corn* mirip biji teosinte
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)



Gambar 8. Warna dan biji jagung modern.
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)

pendapat, jagung telah ada di Filipina sebelum Magellan tiba di negara ini, pada tahun 1521.

Pada pertengahan tahun 1700an, tanaman jagung secara luas tumbuh di Cina, di selatan Fukien, Hunan, dan Szechwan. Populasi jagung berkembang dengan cepat sejak abad 18. Di Cina, jagung diperlukan untuk bahan makanan, terutama di bagian utara, dan dari sini tanaman jagung



Gambar 9. Tanaman jagung modern.
Sumber: WWW.Job's Tears.htm (2007)

menyebar ke Korea dan Jepang. Suto dan Yoshida (1956) melaporkan jagung diperkenalkan di Jepang sekitar tahun 1580an oleh Pelaut Portugis. Kurang dari 300 tahun sejak 1.500 M, tanaman jagung telah tersebar di seluruh dunia dan menjadi bahan makanan penting bagi kebanyakan penduduk di berbagai negara di dunia (Dowswell *et al.* 1996).

TAKSONOMI TANAMAN JAGUNG

Klasifikasi Tanaman Jagung

Jagung merupakan tanaman semusim determinat, dan satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk pertumbuhan generatif. Tanaman jagung merupakan tanaman tingkat tinggi dengan klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Class	: Monocotyledoneae
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae
Genus	: Zea
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Jenis-Jenis Jagung

Jenis jagung dapat diklasifikasikan berdasarkan: (i) sifat biji dan endosperm, (ii) warna biji, (iii) lingkungan tempat tumbuh, (iv) umur panen, dan (v) kegunaan.

Jenis jagung berdasarkan lingkungan tempat tumbuh meliputi: (i) dataran rendah tropik (<1.000 m dpl), (ii) dataran rendah subtropik dan mid-altitude (1.000-1.600 m dpl), dan (iii) dataran tinggi tropik (>1.600 m dpl). Jenis jagung berdasarkan umur panen dikelompokkan menjadi dua yaitu jagung umur genjah dan umur dalam. Jagung umur genjah adalah jagung yang dipanen pada umur kurang dari 90 hari, jagung umur dalam dipanen pada umur lebih dari 90 hari.

Sejalan dengan perkembangan pemuliaan tanaman jagung, jenis jagung dapat dibedakan berdasarkan komposisi genetiknya, yaitu jagung hibrida dan jagung bersari bebas. Jagung hibrida mempunyai komposisi genetik yang heterosigot homogenus, sedangkan jagung bersari bebas memiliki komposisi genetik heterosigot heterogenus. Kelompok genotipe dengan karakteristik yang spesifik (*distinct*), seragam (*uniform*), dan stabil disebut sebagai varietas atau kultivar, yaitu kelompok genotipe dengan sifat-sifat tertentu yang dirakit oleh pemulia jagung. Diperkirakan di seluruh dunia terdapat lebih dari 50.000 varietas jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implication of genotype-environment interaction in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-507.
- Anderson, E. 1945. What is *Zea mays*? A report of progress. *Chron. Bot.*, 9: 88-92.
- de Wet, J.M.J. and J.R. Harlan. 1974. *Tripsacum-maize* interaction: a novel cytogenetic system. *Genetics*, 78: 493-502.
- de Wet, J.M.J. and J.R. Harlan. 1978. *Tripsacum* and the origin of *maize*. In D.B. Walden, ed. *Maize breeding and genetics*, p. 129-141. New York, NY, USA, J.Wiley & Sons.
- Doebley, J. and A. Stec. 1991. Genetic analysis of the morphological differences between maize and teosinte. *Genetics*, 129: 285-295.
- Doebley, J. and A. Stec. 1993. Inheritance of the morphological differences between maize and teosinte: comparison of results for two F2 populations. *Genetics*, 134: 559-570.

- Doebley, J., A. Stec, J. Wendel, and M. Edwards. 1990. Genetic and morphological analysis of a *maize-teosinte* F2 populations: implications for the origin of maize. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87: 9888-99892.
- Dorweiler, J., A. Stec, J. Kermicle, and J. Doebley, 1993. Teosinte glume architecture 1: a genetic locus controlling a key step in maize evolution. *Science*, 262: 233-235.
- Dowswell, C.R. R.L.Paliwal, and R. P.Cantrell. 1996. *Maize in The Third World*. Westview Press.
- Gallinat, W.C. 1988. The origin of corn. *In*: G.F. Sparaque and J.W. Dudley (Eds.). *Corn and corn improvement*. p. 1-31. Madison, W.I. USA. American Society of Agronomy.
- Hyene, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia-I*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan Bogor.
- Ilitis, H.H. and J. Doebley. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Am. J. Bot.*, 67: 994-1004.
- Leblanc, O.D., D. Grimanelli, D. Gonzales de Leon, And Y. Savidan. 1995. Detection of the apomixis mode of reproduction in *maize-Tripsacum* hybrids using maize RFLP markers.
- Longley, A.E. 1941. Chromosome morphology in maize and its relatives. *Bot. Rev.*, 7:263-289.
- Mangeldorf, P.C. 1974. *Corn, its Origin, Evolution and Improvement*. Cambridge, MA, USA, Belknap Press, Harvard University Press.
- Orr, H.A. and J.A. Coyne. 1992. The genetics of adaptation-a reassessment. *Am. Nat.*, 140-725.
- Randolph, L.F. 1959. The origin of maize. *Indian J. Genet. Plant Breeding*, 19:1-12.
- Stonor, C.R. and E. Anderson. 1949. Maize among the hill peoples of Assam. *Ann. Missouri Bot Gard.*, 36:355-404.
- Subandi, I. Manwan, and A. Blumenschein. 1988. National Coordinated Research Program: Corn. Central Research Institute for Food Crops. Bogor. p.83.
- Suto, T. and Y. Yoshida. 1956. Characteristics of the oriental maize. *In* H. Kihara, ed. *Land and crops of Nepal Himalaya*, vol. 2, p. 375-530. Kyoto, Japan, Fauna and Flora Res. Soc. Kyoto University.

- Weatherwax, P. 1954. Indian corn in old America. New York, NY, USA, MacMillian Publishing.
- Weatherwax, P. 1955. History and Origin of corn. I. Early history of corn and theories as to its origin. In G.F. Sprague, ed. Corn and Corn Improvement, 1 st ed., p. 1-16. New York, NY, USA, Academic Press.
- Wilkes, H.G. 1979. Mexico and Central America as centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. Crop Improvement, 6(1): 1-18.
- Wilkes, H.G. and M.M. Goodman. 1995. Mystery and missing links: the origin of maize. In S.Taba, ed. Maize genetic resources, p. 1-6. Mexico, DF, CIMMYT.
- WWW.Job's Tears.htm (2007). Teosinte (Madre de maize): The Origin of Corn. 23 Pebruari 2007.



Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung

Nuning Argo Subekti, Syafruddin, Roy Efendi, dan Sri Sunarti
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L) adalah tanaman semusim dan termasuk jenis rumputan/graminae yang mempunyai batang tunggal, meski terdapat kemungkinan munculnya cabang anakan pada beberapa genotipe dan lingkungan tertentu. Batang jagung terdiri atas buku dan ruas. Daun jagung tumbuh pada setiap buku, berhadapan satu sama lain. Bunga jantan terletak pada bagian terpisah pada satu tanaman sehingga lazim terjadi penyerbukan silang. Jagung merupakan tanaman hari pendek, jumlah daunnya ditentukan pada saat inisiasi bunga jantan, dan dikendalikan oleh genotipe, lama penyinaran, dan suhu.

Pemahaman morfologi dan fase pertumbuhan jagung sangat membantu dalam mengidentifikasi pertumbuhan tanaman, terkait dengan optimasi perlakuan agronomis. Cekaman air (kelebihan dan kekurangan), cekaman hara (defisiensi dan keracunan), terkena herbisida atau serangan hama dan penyakit akan menyebabkan tanaman tumbuh tidak normal, atau tidak sesuai dengan morfologi tanaman.

Hasil dan bobot biomas jagung yang tinggi akan diperoleh jika pertumbuhan tanaman optimal. Untuk itu diperlukan pengelolaan hara, air, dan tanaman dengan tepat. Pengelolaan hara dan tanaman yang mencakup pemupukan (waktu dan takaran), pengairan, dan pengendalian gulma harus sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman.

Terdapat beberapa metode penentuan fase pertumbuhan jagung. Metode yang umum digunakan adalah metode *leaf collar*, yaitu menentukan fase pertumbuhan berdasarkan jumlah daun yang tidak lagi membungkus batang atau telah terbuka sempurna selama fase vegetatif, termasuk daun pertama yang muncul, *round-tipped leaf*. Metode penentuan fase pertumbuhan perlu diketahui dalam budi daya tanaman.

Tulisan ini membahas morfologi tanaman dan fase pertumbuhan jagung dalam kaitannya dengan upaya peningkatan produksi.

MORFOLOGI

Tanaman jagung termasuk famili rumput-rumputan (graminae) dari subfamili myadeae. Dua famili yang berdekatan dengan jagung adalah teosinte dan tripsacum yang diduga merupakan asal dari tanaman jagung. Teosinte berasal dari Meksico dan Guatemala sebagai tumbuhan liar di daerah pertanian jagung.

Sistem Perakaran

Jagung mempunyai akar serabut dengan tiga macam akar, yaitu (a) akar seminal, (b) akar adventif, dan (c) akar kait atau penyangga. Akar seminal adalah akar yang berkembang dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal akan melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah dan pertumbuhan akar seminal akan berhenti pada fase V3. Akar adventif adalah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil, kemudian set akar adventif berkembang dari tiap buku secara berurutan dan terus ke atas antara 7-10 buku, semuanya di bawah permukaan tanah. Akar adventif berkembang menjadi serabut akar tebal. Akar seminal hanya sedikit berperan dalam siklus hidup jagung. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan hara. Bobot total akar jagung terdiri atas 52% akar adventif seminal dan 48% akar nodal. Akar kait atau penyangga adalah akar adventif yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah. Fungsi dari akar penyangga adalah menjaga tanaman agar tetap tegak dan mengatasi rebah batang. Akar ini juga membantu penyerapan hara dan air.

Perkembangan akar jagung (kedalaman dan penyebarannya) bergantung pada varietas, pengolahan tanah, fisik dan kimia tanah, keadaan air tanah, dan pemupukan. Akar jagung dapat dijadikan indikator toleransi tanaman terhadap cekaman aluminium. Tanaman yang toleran aluminium, tudung akarnya terpotong dan tidak mempunyai bulu-bulu akar (Syafuruddin 2002). Pemupukan nitrogen dengan takaran berbeda menyebabkan perbedaan perkembangan (*plasticity*) sistem perakaran jagung (Smith *et al.* 1995).

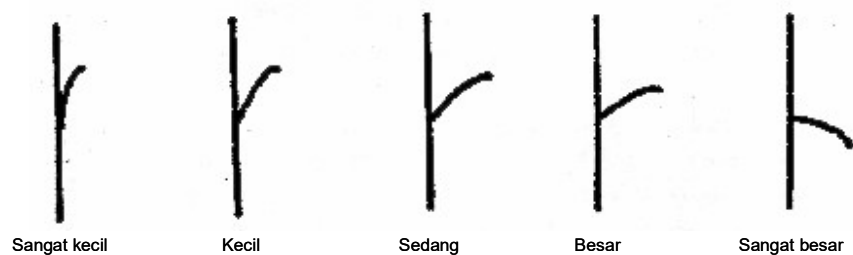
Batang dan Daun

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris, dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku ruas. Pada buku ruas terdapat tunas yang berkembang menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif. Batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit (epidermis), jaringan pembuluh (bundles vaskuler), dan pusat batang (pith). Bundles vaskuler tertata dalam

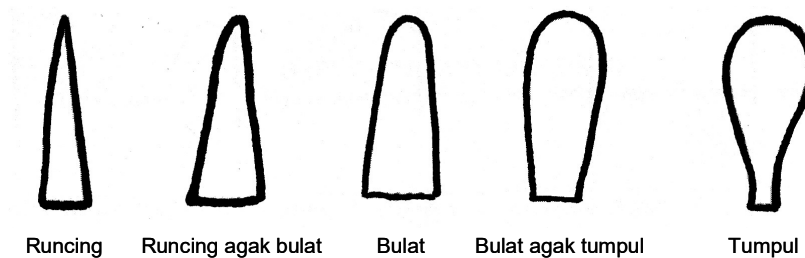
lingkaran konsentris dengan kepadatan bundles yang tinggi, dan lingkaran-lingkaran menuju perikarp dekat epidermis. Kepadatan bundles berkurang begitu mendekati pusat batang. Konsentrasi bundles vaskuler yang tinggi di bawah epidermis menyebabkan batang tahan rebah. Genotipe jagung yang mempunyai batang kuat memiliki lebih banyak lapisan jaringan sklerenkim ber dinding tebal di bawah epidermis batang dan sekeliling bundles vaskuler (Paliwal 2000). Terdapat variasi ketebalan kulit antargenotipe yang dapat digunakan untuk seleksi toleransi tanaman terhadap rebah batang.

Sesudah koleoptil muncul di atas permukaan tanah, daun jagung mulai terbuka. Setiap daun terdiri atas helaian daun, ligula, dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Jumlah daun sama dengan jumlah buku batang. Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 helai, rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun. Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibanding di daerah beriklim sedang (*temperate*) (Paliwal 2000). Genotipe jagung mempunyai keragaman dalam hal panjang, lebar, tebal, sudut, dan warna pigmentasi daun. Lebar helai daun dikategorikan mulai dari sangat sempit (< 5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm), hingga sangat lebar (> 11 cm). Besar sudut daun mempengaruhi tipe daun. Sudut daun jagung juga beragam, mulai dari sangat kecil hingga sangat besar (Gambar 1). Beberapa genotipe jagung memiliki antosianin pada helai daunnya, yang bisa terdapat pada pinggir daun atau tulang daun. Intensitas warna antosianin pada pelepah daun bervariasi, dari sangat lemah hingga sangat kuat.

Bentuk ujung daun jagung berbeda, yaitu runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul, dan tumpul (Gambar 2). Berdasarkan letak posisi daun (sudut daun) terdapat dua tipe daun jagung, yaitu tegak (*erect*) dan menggantung (*pendant*). Daun *erect* biasanya memiliki sudut antara kecil sampai sedang, pola helai daun bisa lurus atau bengkok. Daun *pendant* umumnya memiliki sudut yang lebar dan pola daun bervariasi dari lurus sampai sangat bengkok. Jagung dengan tipe daun *erect* memiliki kanopi



Gambar 1. Sudut daun jagung.



Gambar 2. Bentuk ujung daun jagung.

kecil sehingga dapat ditanam dengan populasi yang tinggi. Kepadatan tanaman yang tinggi diharapkan dapat memberikan hasil yang tinggi pula.

Bunga

Jagung disebut juga tanaman berumah satu (monoecious) karena bunga jantan dan betinanya terdapat dalam satu tanaman. Bunga betina, tongkol, muncul dari axillary apices tajuk. Bunga jantan (tassel) berkembang dari titik tumbuh apikal di ujung tanaman. Pada tahap awal, kedua bunga memiliki primordia bunga biseksual. Selama proses perkembangan, primordia stamen pada axillary bunga tidak berkembang dan menjadi bunga betina. Demikian pula halnya primordia gynaecium pada apikal bunga, tidak berkembang dan menjadi bunga jantan (Pallival 2000). Serbuk sari (pollen) adalah trinukleat. Pollen memiliki sel vegetatif, dua gamet jantan dan mengandung butiran-butiran pati. Dinding tebalnya terbentuk dari dua lapisan, exine dan intin, dan cukup keras. Karena adanya perbedaan perkembangan bunga pada spikelet jantan yang terletak di atas dan bawah dan ketidaksinkronan matangnya spike, maka pollen pecah secara kontinu dari tiap tassel dalam tempo seminggu atau lebih.

Rambut jagung (silk) adalah pemanjangan dari saluran stylar ovary yang matang pada tongkol. Rambut jagung tumbuh dengan panjang hingga 30,5 cm atau lebih sehingga keluar dari ujung kelobot. Panjang rambut jagung bergantung pada panjang tongkol dan kelobot.

Tanaman jagung adalah protandry, di mana pada sebagian besar varietas, bunga jantannya muncul (anthesis) 1-3 hari sebelum rambut bunga betina muncul (silking). Serbuk sari (pollen) terlepas mulai dari spikelet yang terletak pada spike yang di tengah, 2-3 cm dari ujung malai (tassel), kemudian turun ke bawah. Satu bulir anther melepas 15-30 juta serbuk sari. Serbuk sari sangat ringan dan jatuh karena gravitasi atau tertiuap angin sehingga terjadi penyerbukan silang. Dalam keadaan tercekam (*stress*) karena kekurangan air, keluarnya rambut tongkol kemungkinan tertunda,

sedangkan keluarnya malai tidak terpengaruh. Interval antara keluarnya bunga betina dan bunga jantan (*anthesis silking interval*, ASI) adalah hal yang sangat penting. ASI yang kecil menunjukkan terdapat sinkronisasi pembungaan, yang berarti peluang terjadinya penyerbukan sempurna sangat besar. Semakin besar nilai ASI semakin kecil sinkronisasi pembungaan dan penyerbukan terhambat sehingga menurunkan hasil. Cekaman abiotis umumnya mempengaruhi nilai ASI, seperti pada cekaman kekeringan dan temperatur tinggi.

Penyerbukan pada jagung terjadi bila serbuk sari dari bunga jantan menempel pada rambut tongkol. Hampir 95% dari persarian tersebut berasal dari serbuk sari tanaman lain, dan hanya 5% yang berasal dari serbuk sari tanaman sendiri. Oleh karena itu, tanaman jagung disebut tanaman bersari silang (*cross pollinated crop*), di mana sebagian besar dari serbuk sari berasal dari tanaman lain. Terlepasnya serbuk sari berlangsung 3-6 hari, bergantung pada varietas, suhu, dan kelembaban. Rambut tongkol tetap reseptif dalam 3-8 hari. Serbuk sari masih tetap hidup (*viable*) dalam 4-16 jam sesudah terlepas (*shedding*). Penyerbukan selesai dalam 24-36 jam dan biji mulai terbentuk sesudah 10-15 hari. Setelah penyerbukan, warna rambut tongkol berubah menjadi coklat dan kemudian kering.

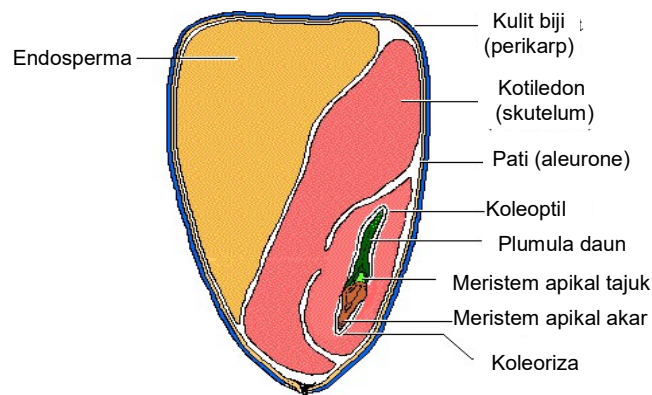
Tongkol dan Biji

Tanaman jagung mempunyai satu atau dua tongkol, tergantung varietas. Tongkol jagung diselimuti oleh daun kelobot. Tongkol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol terdiri atas 10-16 baris biji yang jumlahnya selalu genap.

Biji jagung disebut kariopsis, dinding ovari atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa, membentuk dinding buah. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (a) pericarp, berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; (b) endosperm, sebagai cadangan makanan, mencapai 75% dari bobot biji yang



Gambar 3. Kiri, bunga jantan (anther dan spikelet), dan kanan bunga betina (silk).



Gambar 4. Biji jagung dan bagian-bagiannya.

mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya; dan (c) embrio (lembaga), sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plumule, akar radikal, skutelum, dan koleoptil (Hardman and Gunsolus 1998).

Pati endosperm tersusun dari senyawa anhidroglukosa yang sebagian besar terdiri atas dua molekul, yaitu amilosa dan amilopektin, dan sebagian kecil bahan antara (White 1994). Namun pada beberapa jenis jagung terdapat variasi proporsi kandungan amilosa dan amilopektin. Protein endosperm biji jagung terdiri atas beberapa fraksi, yang berdasarkan kelarutannya diklasifikasikan menjadi albumin (larut dalam air), globulin (larut dalam larutan salin), zein atau prolamin (larut dalam alkohol konsentrasi tinggi), dan glutein (larut dalam alkali). Pada sebagian besar jagung, proporsi masing-masing fraksi protein adalah albumin 3%, globulin 3%, prolamin 60%, dan glutein 34% (Vasal 1994).

Berdasarkan bentuk dan strukturnya biji jagung dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Jagung Mutiara (*Flint Corn*), *Zea mays indurata*

Biji jagung tipe mutiara berbentuk bulat licin, mengkilap, dan keras. Bagian pati yang keras terdapat di bagian atas biji. Pada saat masak, bagian atas biji mengkerut bersama-sama, sehingga permukaan biji bagian atas licin dan bulat.

Varietas lokal jagung di Indonesia umumnya tergolong ke dalam tipe biji mutiara. Tipe ini disukai petani karena tahan hama gudang.

Jagung Gigi Kuda (*Dent Corn*), *Zea mays indentata*

Bagian pati yang keras pada tipe biji *dent* berada di bagian sisi biji, sedangkan bagian pati yang lunak di bagian tengah sampai ujung biji. Pada waktu biji mengering, pati lunak kehilangan air lebih cepat dan lebih mengkerut daripada pati keras, sehingga terjadi lekukan (*dent*) pada bagian atas biji. Biji tipe *dent* ini bentuknya besar, pipih, dan berlekuk.

Jagung Manis (*Sweet Corn*), *Zea mays saccharata*

Biji jagung manis pada saat masak keriput dan transparan. Biji yang belum masak mengandung kadar gula (*water-soluble polysaccharide*, WSP) lebih tinggi daripada pati. Kandungan gula jagung manis 4-8 kali lebih tinggi dibanding jagung normal pada umur 18-22 hari setelah penyerbukan. Sifat ini ditentukan oleh gen sugary (su) yang resesif (Tracy 1994).

Jagung Pod, *Z. tunicata* Sturt

Jagung pod adalah jagung yang paling primitif. Jagung ini terbungkus oleh glume atau kelobot yang berukuran kecil. Jagung pod tidak dibudidayakan secara komersial sehingga tidak banyak dikenal. Kultivar Amerika Selatan dimanfaatkan oleh suku Indian dalam upacara adat karena dipercaya memiliki kekuatan magis.

Jagung Berondong (*Pop Corn*), *Zea mays everta*

Tipe jagung ini memiliki biji berukuran kecil. Endosperm biji mengandung pati keras dengan proporsi lebih banyak dan pati lunak dalam jumlah sedikit terletak di tengah endosperm. Apabila dipanaskan, uap akan masuk ke dalam biji yang kemudian membesar dan pecah (*pop*).

Jagung Pulut (*Waxy Corn*), *Z. ceritina* Kulesh

Jagung pulut memiliki kandungan pati hampir 100% amilopektin. Adanya gen tunggal waxy (wx) bersifat resesif epistasis yang terletak pada kromosom sembilan mempengaruhi komposisi kimiawi pati, sehingga akumulasi amilosa sangat sedikit (Ferguson 1994).

Jagung QPM (*Quality Protein Maize*)

Jagung QPM memiliki kandungan protein lisin dan triptofan yang tinggi dalam endospermnya. Jagung QPM mengandung gen *opaque-2* (o_2) bersifat resesif yang mengendalikan produksi lisin dan triptofan. Prolamin menyusun sebagian besar protein endosperm dengan kandungan lisin dan triptofan yang jauh lebih rendah dibanding fraksi protein lain. Fraksi albumin, globulin,

dan glutein memiliki kandungan lisin dan triptofan tinggi. Gen o_2 dalam ekspresinya mengubah proporsi kandungan fraksi-fraksi protein. Fraksi prolamin berkurang hingga 50%, sedangkan sintesis albumin, globulin, dan glutein meningkat. Kandungan lisin dan triptofan jagung QPM meningkat, sementara sintesis prolamin memiliki kandungan lisin rendah (Vasal 1994).

Kandungan protein yang tinggi dalam endosperm memberikan warna gelap pada biji.

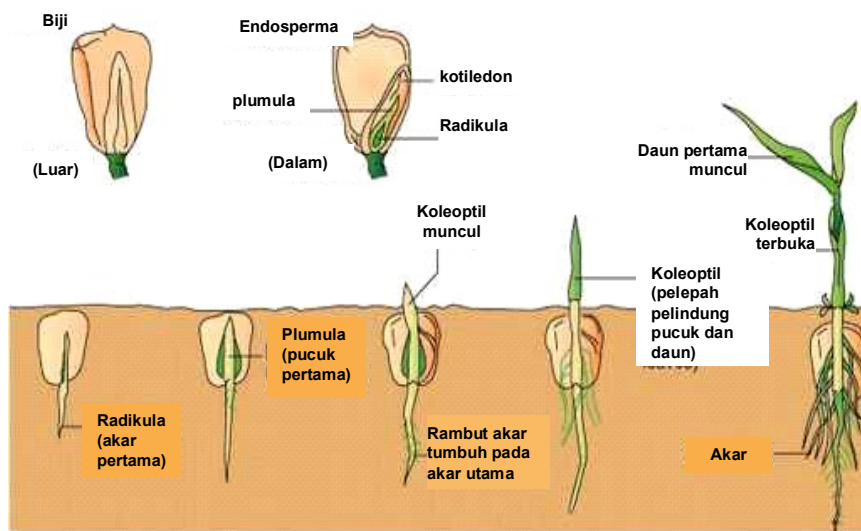
Jagung Minyak Tinggi (*High-Oil*)

Jagung minyak tinggi memiliki biji dengan kandungan minyak lebih dari 6%, sementara sebagian besar jagung berkadar minyak 3,5-5%. Sebagian besar minyak biji terdapat dalam scutelum, yaitu 83-85% dari total minyak biji. Jagung minyak tinggi sangat penting dalam industri makanan, seperti margarin dan minyak goreng, serta industri pakan. Ternak yang diberi pakan jagung minyak tinggi berdampak positif terhadap pertumbuhannya (Lambert 1994). Jagung minyak tinggi memiliki tipe biji bermacam-macam, bisa *dent* atau *flint*.

FASE PERTUMBUHAN DAN PERKECAMBAHAN

Secara umum jagung mempunyai pola pertumbuhan yang sama, namun interval waktu antartahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang dapat berbeda. Pertumbuhan jagung dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu (1) fase perkecambahan, saat proses imbibisi air yang ditandai dengan pembengkakan biji sampai dengan sebelum munculnya daun pertama; (2) fase pertumbuhan vegetatif, yaitu fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai *tasseling* dan sebelum keluarnya bunga betina (*silking*), fase ini diidentifikasi dengan jumlah daun yang terbentuk; dan (3) fase reproduktif, yaitu fase pertumbuhan setelah *silking* sampai masak fisiologis.

Perkecambahan benih jagung terjadi ketika radikula muncul dari kulit biji. Benih jagung akan berkecambah jika kadar air benih pada saat di dalam tanah meningkat $\geq 30\%$ (McWilliams *et al.* 1999). Proses perkecambahan benih jagung, mula-mula benih menyerap air melalui proses imbibisi dan benih membengkak yang diikuti oleh kenaikan aktivitas enzim dan respirasi yang tinggi. Perubahan awal sebagian besar adalah katabolisme pati, lemak, dan protein yang tersimpan dihidrolisis menjadi zat-zat yang mobil, gula, asam-asam lemak, dan asam amino yang dapat diangkut ke bagian embrio yang tumbuh aktif. Pada awal perkecambahan, koleoriza memanjang menembus pericarp, kemudian radikel menembus koleoriza. Setelah radikel



Gambar 5. Perkecambahan benih jagung.

muncul, kemudian empat akar seminal lateral juga muncul. Pada waktu yang sama atau sesaat kemudian plumule tertutupi oleh koleoptil. Koleoptil terdorong ke atas oleh pemanjangan mesokotil, yang mendorong koleoptil ke permukaan tanah. Mesokotil berperan penting dalam pemunculan kecambah ke atas tanah. Ketika ujung koleoptil muncul ke luar permukaan tanah, pemanjangan mesokotil terhenti dan plumul muncul dari koleoptil dan menembus permukaan tanah.

Benih jagung umumnya ditanam pada kedalaman 5-8 cm. Bila kelembaban tepat, pemunculan kecambah seragam dalam 4-5 hari setelah tanam. Semakin dalam lubang tanam semakin lama pemunculan kecambah ke atas permukaan tanah. Pada kondisi lingkungan yang lembab, tahap pemunculan berlangsung 4-5 hari setelah tanam, namun pada kondisi yang dingin atau kering, pemunculan tanaman dapat berlangsung hingga dua minggu setelah tanam atau lebih.

Keseragaman perkecambahan sangat penting untuk mendapatkan hasil yang tinggi. Perkecambahan tidak seragam jika daya tumbuh benih rendah. Tanaman yang terlambat tumbuh akan ternaungi dan gulma lebih bersaing dengan tanaman, akibatnya tanaman yang terlambat tumbuh tidak normal dan tongkolnya relatif lebih kecil dibanding tanaman yang tumbuh lebih awal dan seragam.

Setelah perkecambahan, pertumbuhan jagung melewati beberapa fase berikut:

Fase V3-V5 (jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 10-18 hari setelah berkecambah. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif, dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah. Suhu tanah sangat mempengaruhi titik tumbuh. Suhu rendah akan memperlambat keluar daun, meningkatkan jumlah daun, dan menunda terbentuknya bunga jantan (McWilliams *et al.* 1999).

Fase V6-V10 (jumlah daun terbuka sempurna 6-10)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 18 -35 hari setelah berkecambah. Titik tumbuh sudah di atas permukaan tanah, perkembangan akar dan penyebarannya di tanah sangat cepat, dan pemanjangan batang meningkat dengan cepat. Pada fase ini bakal bunga jantan (*tassel*) dan perkembangan tongkol dimulai (Lee 2007). Tanaman mulai menyerap hara dalam jumlah yang lebih banyak, karena itu pemupukan pada fase ini diperlukan untuk mencukupi kebutuhan hara bagi tanaman (McWilliams *et al.* 1999).

Fase V11- Vn (jumlah daun terbuka sempurna 11 sampai daun terakhir 15-18)

Fase ini berlangsung pada saat tanaman berumur antara 33-50 hari setelah berkecambah. Tanaman tumbuh dengan cepat dan akumulasi bahan kering meningkat dengan cepat pula. Kebutuhan hara dan air relatif sangat tinggi untuk mendukung laju pertumbuhan tanaman. Tanaman sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan dan kekurangan hara. Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol, dan bahkan akan menurunkan jumlah biji dalam satu tongkol karena mengecilnya tongkol, yang akibatnya menurunkan hasil (McWilliams *et al.* 1999, Lee 2007). Kekeringan pada fase ini juga akan memperlambat munculnya bunga betina (*silking*).

Fase *Tasseling* (berbunga jantan)

Fase *tasseling* biasanya berkisar antara 45-52 hari, ditandai oleh adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (*silk*/rambut tongkol). Tahap VT dimulai 2-3 hari sebelum rambut tongkol muncul, di mana pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai maksimum dan mulai menyebarkan serbuk sari (*pollen*). Pada fase ini dihasilkan biomas

maksimum dari bagian vegetatif tanaman, yaitu sekitar 50% dari total bobot kering tanaman, penyerapan N, P, dan K oleh tanaman masing-masing 60-70%, 50%, dan 80-90%.

Fase R1 (*silking*)

Tahap *silking* diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot, biasanya mulai 2-3 hari setelah *tasseling*. Penyerbukan (polinasi) terjadi ketika serbuk sari yang dilepas oleh bunga jantan jatuh menyentuh permukaan rambut tongkol yang masih segar. Serbuk sari tersebut membutuhkan waktu sekitar 24 jam untuk mencapai sel telur (*ovule*), di mana pembuahan (*fertilization*) akan berlangsung membentuk bakal biji. Rambut tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2-3 hari. Rambut tongkol tumbuh memanjang 2,5-3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki. Bakal biji hasil pembuahan tumbuh dalam suatu struktur tongkol dengan dilindungi oleh tiga bagian penting biji, yaitu glume, lemma, dan palea, serta memiliki warna putih pada bagian luar biji. Bagian dalam biji berwarna bening dan mengandung sangat sedikit cairan. Pada tahap ini, apabila biji dibelah dengan menggunakan silet, belum terlihat struktur embrio di dalamnya. Serapan N dan P sangat cepat, dan K hampir komplit (Lee 2007).

Fase R2 (*blister*)

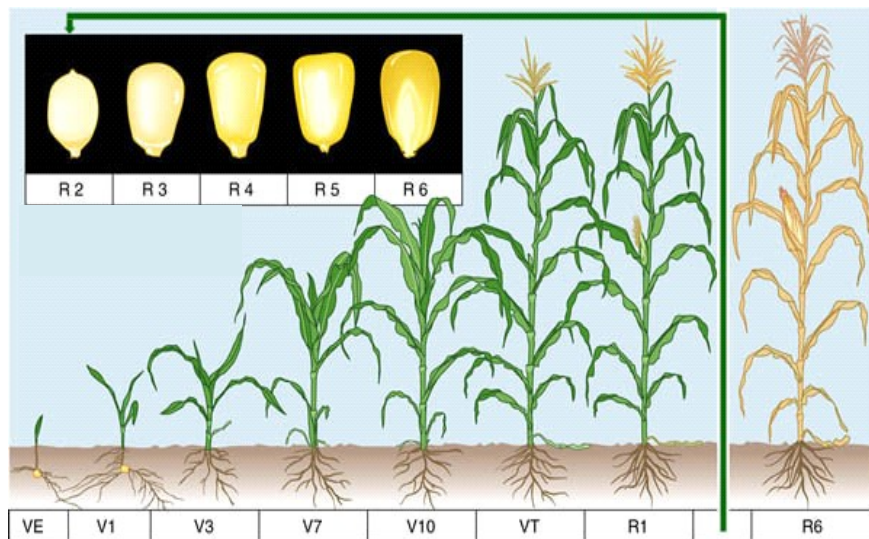
Fase R2 muncul sekitar 10-14 hari setelah *silking*, rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen.

Fase R3 (*masak susu*)

Fase ini terbentuk 18 -22 hari setelah *silking*. Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat, warna biji sudah mulai terlihat (bergantung pada warna biji setiap varietas), dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kekeringan pada fase R1-R3 menurunkan ukuran dan jumlah biji yang terbentuk. Kadar air biji dapat mencapai 80%.

Fase R4 (*dough*)

Fase R4 mulai terjadi 24-28 hari setelah *silking*. Bagian dalam biji seperti pasta (belum mengeras). Separuh dari akumulasi bahan kering biji sudah terbentuk, dan kadar air biji menurun menjadi sekitar 70%. Cekaman kekeringan pada fase ini berpengaruh terhadap bobot biji.



Gambar 6. Fase pertumbuhan tanaman jagung.

Fase R5 (pengerasan biji)

Fase R5 akan terbentuk 35-42 hari setelah *silking*. Seluruh biji sudah terbentuk sempurna, embrio sudah masak, dan akumulasi bahan kering biji akan segera terhenti. Kadar air biji 55%.

Fase R6 (masak fisiologis)

Tanaman jagung memasuki tahap masak fisiologis 55-65 hari setelah *silking*. Pada tahap ini, biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Lapisan pati yang keras pada biji telah berkembang dengan sempurna dan telah terbentuk pula lapisan absisi berwarna coklat atau kehitaman. Pembentukan lapisan hitam (*black layer*) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol. Pada varietas hibrida, tanaman yang mempunyai sifat tetap hijau (*stay-green*) yang tinggi, kelobot dan daun bagian atas masih berwarna hijau meskipun telah memasuki tahap masak fisiologis. Pada tahap ini kadar air biji berkisar 30-35% dengan total bobot kering dan penyerapan NPK oleh tanaman mencapai masing-masing 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferguson, V. 1994. High amylose and waxy corn. *In: A. R. Halleuer (Ed.) Specialty Corns*. CRC Press Inc. USA.
- Hardman and Gunsolus. 1998. Corn growth and development. Extension Service. University of Minnesota. p.5.
- Lambert, R.J. 1994. High oil corn hybrids. *In: Arnel R. Halleuer (Ed.) Specialty corns*. CRC Press Inc. USA.
- Lee, C. 2007. Corn growth and development. [www.uky.edu/ag/grain crops](http://www.uky.edu/ag/grain%20crops).
- McWilliams, D.A., D.R. Berglund, and G.J. Endres. 1999. Corn growth and management quick guide. www.ag.ndsu.edu.
- Paliwal, R.L. 2000. Tropical maize morphology. *In: tropical maize: improvement and production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. p 13-20.
- Smith, M.E., C.A. Miles, and J. van Beem. 1995. Genetic improvement of maize for nitrogen use efficiency. *In Maize research for stress environment*. p. 39-43.
- Syafruddin. 2002. Tolok ukur dan konsentrasi Al untuk penapisan tanaman jagung terhadap ketenggangan Al. *Berita Puslitbangtan* 24: 3-4.
- Tracy, W. F. 1994. Sweet corn. *In: A. R. Halleuer (Ed.) Specialty corns*. CRC Press Inc. USA.
- Vasal, S.K. 1994. High quality protein corn. *In: A. R. Halleuer (Ed.) Specialty corns*. CRC Press Inc. USA.
- White, P.J. 1994. Properties of corn starch. *In: A. R. Halleuer (Ed.) Specialty corns*. CRC Press Inc. USA.

Pengelolaan Plasma Nutfah Jagung

Sutoro dan Nani Zuraida

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya
Genetik Pertanian, Bogor*

PENDAHULUAN

Keragaman genetik plasma nutfah diperlukan sebagai bahan dasar dalam program pemuliaan untuk menghasilkan varietas unggul. Vavilov, ahli genetika dan pemulia tanaman dari Rusia, dianggap sebagai peneliti pertama yang menyadari pentingnya keragaman genetik untuk perbaikan tanaman (Hawkes 1981).

Tanaman jagung sebenarnya merupakan tanaman “introduksi”, bukan tanaman asli Indonesia, namun karena komposisi genetiknya berubah secara dinamis, maka ia dapat membentuk keragaman genetik yang besar. Genom jagung memiliki 10 pasang kromosom yang dimanifestasikan oleh komposisi genetik yang heterozigot-heterogen, bersifat plastis dalam beradaptasi untuk menghadapi lingkungan yang berbeda. Karena itu, tanaman jagung memiliki adaptasi yang luas, tumbuh pada daerah tropis, subtropis, dan temperate di belahan utara dan selatan. Adaptasi jagung pada lingkungan yang sangat luas tersebut sulit dijelaskan, namun karena tanaman menyerbuk silang yang memberikan kebebasan terjadinya rekombinasi dan rekonstruksi gen-gen antara genotipe, maka akan dihasilkan rekombinan baru yang dapat menyesuaikan dengan berbagai lingkungan. Beberapa rekombinan baru ini menjadi lebih adaptif dalam lingkungan baru melalui proses aklimatisasi yang berlangsung dalam waktu lama (Vasal and Taba 1988).

Varietas unggul jagung telah banyak dilepas dan menyebar cukup luas di Indonesia. Dengan semakin berkembangnya penggunaan varietas baru oleh petani, maka varietas lokal (*landraces*) terdesak dan sebagian telah musnah. Oleh karena itu, plasma nutfah yang sudah ada harus dilestarikan, agar selalu tersedia sumber gen untuk masa kini maupun masa mendatang. Gen-gen yang nampaknya sekarang belum berguna, di masa mendatang mungkin diperlukan dalam pembentukan varietas unggul baru (Chang 1979). Program pemuliaan tanaman pangan untuk menghasilkan varietas unggul baru dengan produktivitas dan stabilitas hasil tinggi selalu membutuhkan sumber-sumber gen dari sifat-sifat tanaman yang mendukung tujuan tersebut. Sifat-sifat yang diinginkan antara lain adalah potensi hasil tinggi, daya adaptasi lebih baik terhadap kondisi lingkungan suboptimal, tahan terhadap hama dan penyakit utama, umur lebih pendek (genjah),

kandungan dan kualitas gizi yang lebih baik (Chang 1979). Sumber-sumber gen untuk sifat-sifat tersebut perlu diidentifikasi dan ditemukan pada koleksi plasma nutfah melalui kegiatan karakterisasi dan evaluasi (Gotoh and Chang 1979, Hawkes 1981).

Konservasi atau pelestarian plasma nutfah jagung secara praktis dapat dilakukan secara *ex situ*, yaitu dalam ruang penyimpanan benih dalam bentuk biji. Pengelolaan plasma nutfah meliputi kegiatan koleksi, eksplorasi, pelestarian, karakterisasi, hingga pemanfaatannya. Konservasi plasma nutfah tanaman berbiji umumnya dilakukan dengan cara menyimpan benih dalam ruang dingin. Viabilitas dan vigor benih plasma nutfah perlu dipertahankan, karena semakin lama disimpan semakin menurun daya tumbuhnya. Penurunan daya tumbuh benih dipengaruhi oleh proses produksi, pemanenan dan penanganan pascapanen, dan kondisi ruang penyimpanan (*cold storage*). Untuk menjaga kelestarian plasma nutfah yang disimpan maka perlu dilakukan monitoring viabilitas benih secara periodik. Informasi karakteristik aksesori jagung yang dikoleksi harus dapat diakses oleh para pemulia secara cepat dan mudah, melalui sistem *database*.

Makalah ini menyajikan teknik pengelolaan plasma nutfah meliputi eksplorasi, koleksi, konservasi, dokumentasi, dan pemanfaatannya.

CONTOH PEMANFAATAN PLASMA NUTFAH JAGUNG DI INDONESIA

Kekayaan Koleksi Plasma Nutfah Jagung

Koleksi plasma nutfah jagung di Indonesia telah dilakukan sejak akhir abad XIX di Lembaga Penelitian Pertanian di Bogor, yang pada tahun 1990an diteruskan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen), Bogor dan Balai Penelitian Tanaman Sereal (Balitsereal), Maros. Koleksi plasma nutfah jagung berasal dari varietas lokal, varietas komposit, hibrida, dan introduksi. Kekayaan koleksi plasma nutfah jagung nasional yang tersimpan di BB Biogen dan Balisereal masing-masing 886 dan 660 aksesori (Tabel 1), relatif sedikit dibandingkan dengan koleksi plasma nutfah jagung di lembaga penelitian negara lain atau lembaga internasional. Lembaga penelitian jagung internasional (CIMMYT) di Meksiko memiliki koleksi plasma nutfah jagung sebanyak 11.000 aksesori dan Amerika Serikat mempunyai lebih dari 15.000 aksesori. Total plasma nutfah jagung di seluruh dunia diperkirakan mencapai 100.000 aksesori, sementara Meksiko dan Amerika Selatan memiliki 40.000 aksesori (Hawkes 1981). Bukti empiris menunjukkan bahwa semakin banyak pemilikan plasma nutfah jagung, semakin baik varietas unggul yang dapat dihasilkan dari program pemulia.

Tabel 1. Koleksi plasma nutfah jagung pada BB-Biogen dan Balitsereal, 2005.

Populasi/genotipe	BB Biogen (aksesi) ¹	Balitsereal (aksesi)
Varietas lokal	581	480
Introduksi	65	180
Galur inbrida	107	-
Varietas unggul	33	-
Total	886	660

¹Aksesasi adalah satuan dari koleksi plasma nutfah, yang dapat sepadan dengan genotipe, varietas, strain, atau *land racer*.

Koleksi plasma nutfah jagung yang dimiliki Indonesia merupakan sumber kekayaan genetik untuk perbaikan sifat-sifat tanaman yang diinginkan, seperti daya hasil tinggi, tahan terhadap penyakit bulai, umur genjah dan sifat-sifat baik lainnya. Untuk konservasi dan rekombinasi gen-gen unggul dalam upaya pemanfaatan plasma nutfah secara menyeluruh, telah dikembangkan gene pool jagung (Subandi 1984). Dalam hal ini, koleksi plasma nutfah dibagi berdasarkan umur dan warna biji sebagai berikut: kuning < 80 hari (Pool 1), 80-90 hari (Pool 2), 90-100 hari (Pool 3), > 100 hari (Pool 4), dan putih 80-100 hari (Pool 5). Masing-masing kelompok dikawinkan dengan pejantan Arjuna untuk Pool-1, Pool-2, dan Pool-3; dikawinkan dengan Suwan 1 untuk Pool-4 dan dengan Bromo untuk Pool-5. Kelima pool disilangkan dengan populasi dari CIMMYT yang berfungsi sebagai galur uji, untuk menentukan pool yang menunjukkan heterosis tinggi. Pool terpilih digunakan sebagai sumber pembentukan jagung hibrida maupun varietas komposit. Pengelompokan dalam gene pool ini menguntungkan karena beberapa hal berikut:

- (1) Setiap generasi menghasilkan bahan/varietas baru untuk agroekologi spesifik, sesuai dengan lingkungan seleksi.
- (2) Sifat-sifat baik yang tersedia pada plasma nutfah dapat dimanfaatkan melalui proses rekombinasi gen.
- (3) Ragam genetik dapat dipertahankan karena rekombinasi diperbesar dengan *intercrossing* antargenotipe terpilih, pada setiap generasi, dan genotipe unggul dan eksotik (asing) dapat diintrogresikan ke dalam pool setiap saat.
- (4) Frekuensi alel yang baik dapat ditingkatkan secara berangsur.
- (5) Strategi seleksi bersifat fleksibel, dalam arti pada setiap tingkat seleksi jumlah lokasi seleksi dapat ditambah atau dikurangi menurut kebutuhan, sesuai dengan perkembangan ketenagaan dan fasilitas.
- (6) Gene pool merupakan sumber utama bahan pengembangan jagung hibrida yang sudah diarahkan sejak awal.

- (7) Pendekatan ini mampu mengurangi kemungkinan terjadinya erosi gen dari koleksi, yang timbul akibat keterbatasan fasilitas.

Varietas Unggul Jagung

Varietas unggul baru jagung dihasilkan dengan memanfaatkan plasma nutfah dengan cara persilangan dan seleksi. Varietas unggul jagung di Indonesia telah dikenalkan kepada petani sejak sebelum tahun 1945, namun hingga tahun 1950an produksinya relatif masih rendah. Dengan adanya program pemuliaan, varietas unggul yang dilepas meningkat dari waktu ke waktu (Tabel 2). Pada awal program pemuliaan, varietas unggul berasal dari hasil perbaikan varietas lokal dan introduksi. Introduksi genotipe unggul plasma nutfah jagung pertama kali pada tahun 1950an menghasilkan varietas Metro dan Perta yang hasilnya di atas 4 t/ha. Introduksi plasma nutfah jagung TGY (*Tequisate Golden Yellow*) dan No.142-48 ke Indonesia dilakukan pada tahun 1952, merupakan seleksi dari dua varietas bersari bebas yang dibuat pada tahun 1947 di Tequisate, Guatemala, memiliki pertumbuhan yang baik dan kandungan provitamin A tinggi. Populasi No. 142-48 merupakan hasil seleksi dari persilangan TGY dan varietas bersari bebas Guatemala yang beradaptasi baik pada ketinggian 600-800 m dan mengandung protein 10%. Setelah mengalami proses seleksi, adaptasi, dan pengujian di Indonesia,

Tabel 2. Varietas unggul jagung bersari bebas dan hibrida yang telah dilepas oleh Deptan.

Tahun pelepasan	Nama varietas	Latar belakang genetik	Potensi hasil (t/ha)
Sebelum 1945	Menado Kuning, Jawa Timur Kuning, Maya, Genjah Warangan	Varietas lokal (<i>landrace</i>)	1,0-2,0
1951-1960	Bastar Kuning, Penduduk Ngale	Varietas lokal	1,0-3,5
	Kania Putih, Malin, Perta, Metro	Introduksi	3,0-3,5
1961-1985	Harapan, Bima, BC-2, Harapan Baru, Arjuna, Bromo, Parkesit	Introduksi	3,0-3,4
	Pandu, Permadi, Sadewa, Nakula, Abimanyu, Kalingga, Wiyasa	Rekombinasi varietas lokal dan introduksi	3,5-5,5
1989-2005	Bayu, Wisanggeni	Varitas lokal	4,0-5,3
	Antasena, Gumarang, Lamuru, Palakka, Sukmaraga, Srikandi Kuning, Srikandi Putih	Introduksi	5,0-6,0
	Bisma, Legaligo, Kresna	Rekombinasi varietas lokal dan introduksi	5,2-5,7
	Hibrida: Semar-1 hingga Semar-10 dan Bima	Introduksi dan rekombinasi lokal dan introduksi	5,0-7,3

pada tahun 1956 TGY dan No.142-48 masing-masing dilepas sebagai varietas unggul Metro dan Perta (Subandi 1980).

Varietas unggul jagung bersari bebas yang dihasilkan dengan memanfaatkan plasma nutfah yang sangat terkenal dan dapat bertahan lama adalah Arjuna (dilepas tahun 1980) dan Bisma (dilepas tahun 1995). Varietas Arjuna hingga sekarang masih ditanam petani, walaupun mungkin sudah berubah struktur genetiknya karena seleksi alam. Varietas Arjuna berasal dari hasil seleksi plasma nutfah introduksi dari Thailand TC1 Early DMR(S)C2, sedangkan varietas Bisma diperoleh dari persilangan Pool 4 dengan genotipe introduksi, disertai seleksi massa selama lima generasi.

Pemanfaatan plasma nutfah untuk menghasilkan jagung hibrida belum intensif. Sistem produksi benih hibrida yang kompleks dan petani harus membeli benih dengan harga yang mahal untuk setiap kali tanam juga merupakan faktor penghambat pengembangan jagung hibrida pada periode 1950-80an. Oleh karena itu, pemuliaan jagung lebih banyak diarahkan pada pembentukan varietas bersari bebas (Subandi 1987). Sejak akhir 1980an pemerintah telah memberikan perhatian yang cukup besar terhadap pengembangan jagung hibrida. Beberapa jagung hibrida yang dihasilkan oleh swasta telah berkembang di lahan petani. Pada tahun 1992, Badan Litbang Pertanian melepas jagung hibrida varietas Semar-1.

Jagung hibrida yang baru dihasilkan dan telah dilepas adalah Bima-2 Bantimurung dan Bima-3 Bantimurung. Varietas Bima-2 Bantimurung merupakan hasil silang tunggal antara galur B11-209 dengan Mr-14, sedangkan Bima 3 Bantimurung adalah hasil silang tunggal antara galur Nei9008 dengan Mr-14. Galur B11-209 merupakan ekstrak dari galur S6 (*bulk selfing* S9) introduksi dari *Tropical Asean Maize Network*. Nei9008 adalah galur S6 (*bulk selfing* S9) introduksi dari Thailand, sedangkan Mr-14 adalah galur SW3-3 yang dikembangkan dari populasi Suwan 3. Ketiga galur tersebut dikembangkan oleh Balitsereal, Maros. Galur B11-209 dan Nei9008 diperoleh melalui seleksi *pedigree* sampai generasi ke-6, selanjutnya dengan *bulk selfing* tiga generasi, sedangkan Mr-14 melalui seleksi *pedigree* sampai generasi ke-9 dan selanjutnya dengan *bulk selfing*. Selama pengujian, Bima-2 Bantimurung mampu memproduksi 11 t/ha dengan rata-rata 8,5 t/ha. Varietas unggul ini agak tahan terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*), dan pada saat panen daunnya masih hijau (*stay green*) sehingga dapat digunakan untuk pakan. Bima-3 Bantimurung tergolong tahan penyakit bulai dan hasilnya dapat mencapai 10 t/ha dengan rata-rata hasil 8,3 t/ha. Kedua varietas ini dapat beradaptasi pada lahan optimal dan suboptimal.

KOLEKSI DAN EKSPLORASI PLASMA NUTFAH JAGUNG

Koleksi plasma nutfah jagung yang ada dalam bank gen terdiri atas koleksi dasar (*base collection*) dan koleksi kerja/aktif (*working/active collection*). Koleksi dasar merupakan kumpulan dari semua aksesori plasma nutfah yang berbeda, atau satu aksesori dengan aksesori lainnya harus dapat dibedakan dalam kaitannya dengan komposisi genetik. Koleksi contoh aksesori harus sedekat mungkin atau sama dengan varietas atau populasi aslinya dan keberadaannya dapat dipertahankan sebagai sumber daya genetik. Biji plasma nutfah dari koleksi dasar ini umumnya tidak didistribusikan secara langsung kepada pengguna, tetapi disimpan di ruangan dingin yang dapat menjamin viabilitas biji untuk dapat bertahan dalam jangka panjang.

Koleksi kerja/aktif merupakan himpunan aksesori plasma nutfah yang merupakan sumber gen yang diperlukan saat ini dan dapat segera didistribusikan kepada pemulia yang memerlukan dalam rangka pemanfaatan plasma nutfah. Dengan demikian, koleksi kerja meliputi aksesori yang telah dikarakterisasi sifat genetiknya, dan tersedia segera untuk penggunaan multiplikasi dan distribusi. Aksesori plasma nutfah koleksi kerja umumnya disimpan dalam kondisi ruang bersuhu 4°C, yang berfungsi sebagai penyimpanan jangka menengah.

Koleksi plasma nutfah memerlukan cara pengelolaan yang efisien. Untuk keperluan evaluasi, dibentuk *core collection* yang merupakan contoh plasma nutfah dalam kisaran yang ada dalam keseluruhan koleksi plasma nutfah yang dimiliki. Cara pemilihan *core collection* dapat dilakukan dengan penarikan contoh acak sederhana (*simple random sampling*) bila tidak ada pengelompokan plasma nutfah sebelumnya. Apabila plasma nutfah telah dikelompokkan maka pemilihan contoh dapat dilakukan dengan cara stratifikasi, berdasarkan karakteristik plasma nutfah. Prosedur pemilihan *core collection* dikelompokkan ke dalam beberapa tahapan, yaitu seluruh koleksi dibagi menjadi kelompok berdasarkan ras, geografi asal plasma nutfah. Pengelompokan berikutnya berdasarkan hasil pemotongan dendrogram dari analisis kluster bagi data morfologi dan agronomi. Titik pemotongan menghasilkan 2-5 aksesori yang relatif homogen. Dari setiap kelompok/strata diambil 1-2 aksesori secara acak.

Eksplorasi/pengumpulan plasma nutfah dilakukan di seluruh pelosok tanah air Indonesia dan dari negara lain. Pengambilan contoh plasma nutfah dalam eksplorasi dapat dilakukan dengan mengambil contoh biji jagung secara acak sebanyak 50-100 contoh individu setiap populasi dan 50 butir setiap contoh (Hawkes 1981). Tanaman jagung memiliki keragaman genetik yang cukup besar. Pengambilan contoh plasma nutfah dari tanaman

perbanyak dengan biji yang memiliki variasi yang besar disarankan mengoleksi 2.500-5.000 biji (Rugayah 2005). Pengambilan contoh biji dapat dilakukan di banyak tempat, dengan pemilihan lokasi yang merupakan kisaran lingkungan yang berbeda, dan diupayakan agar contoh plasma nutfah memperlihatkan variasi morfologi.

Data yang diperlukan dalam koleksi-eksplorasi di antaranya adalah tanggal koleksi, lokasi, (desa, kecamatan, propinsi), letak lintang dan bujur, ketinggian tempat, sumber koleksi (lahan petani, rumah tangga petani, pasar tradisional, dan lain-lain), dan deskripsi lingkungan di mana koleksi plasma nutfah dilakukan (topografi, kesuburan tanah, kemasan dan tekstur). Data koleksi perlu disertai dengan catatan tentang kegunaan, kelebihan, dan kekurangan. Data dasar dari proses koleksi ini disebut data paspor plasma nutfah.

TEKNIK KONSERVASI

Konservasi plasma nutfah dapat dilakukan secara *ex situ* dan *in situ*, dua kegiatan yang saling melengkapi. Konservasi plasma nutfah secara *ex situ* dilakukan di luar habitat aslinya, sedangkan secara *in situ* pada habitat aslinya.

Konservasi *Ex Situ*

Hasil koleksi-eksplorasi dan introduksi plasma nutfah jagung dikonservasi dalam bank gen. Konservasi *ex situ* plasma nutfah dalam bentuk biji dilakukan di ruang dingin (*cold storage*). Untuk mendukung konservasi plasma nutfah jagung secara *ex situ* perlu infrastruktur yang memadai dan lahan dengan agroekologi yang sesuai, termasuk bank gen dan kebun percobaan untuk rejuvenasi. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian antara lain adalah (Saxena 1993):

- (1) Biji harus sudah matang (*properly matured*), bebas dari hama dan penyakit, dipilih yang utuh dan tua. Biji yang *off type* disisihkan.
- (2) Sedapat mungkin hindari panen pada saat hujan karena biji akan mengabsorpsi kelembaban selama di gudang prosesing. Biji yang lembab akan mudah terjangkit penyakit.
- (3) Biji segera dikeringkan setelah panen, sebaiknya tidak langsung di bawah sinar matahari. Pengeringan sebaiknya dilakukan pada ruang *dehumidified*, suhu rendah dengan kelembaban rendah.
- (4) Jumlah contoh biji harus cukup, sehingga dapat mewakili keragaman tanaman dan menyediakan cukup benih untuk monitoring selama penyimpanan.

- (5) Biji dikemas dalam wadah yang baik dan kedap air. Setelah dikemas, biji perlu diberi label dengan menuliskan nomor aksesori pada bagian luar kemasan, tanggal penyimpanan, dan hasil uji daya tumbuh. Benih yang disimpan harus memiliki daya tumbuh lebih dari 85%.
- (6) Benih tidak diberi perlakuan untuk disimpan dalam bank gen.

Benih plasma nutfah jagung yang disimpan dikeringkan terlebih dahulu, untuk mengurangi kadar air biji sehingga dapat bertahan lama di tempat penyimpanan. Pada proses pengeringan, biji ditempatkan dalam wadah kertas yang bersifat porous atau kantong kain. Biji dikeringkan pada kelembaban 15-30% dan temperatur 15°C, selama 10-15 hari, untuk mencapai kadar air biji 4-6%. Selanjutnya benih dimasukkan ke kantong aluminium foil. Prosedur pengeringan mengikuti standar FAO/IPGRI (1994), bergantung pada ketersediaan alat, jumlah, dan ukuran contoh yang dikeringkan, kondisi iklim setempat, dan biaya. Pengeringan biji dapat dilakukan pada temperatur 10-25°C menggunakan desikator di ruangan dengan kelembaban 10-15%. Pengeringan dengan *silica gel* juga baik untuk mencapai kadar air rendah. Biji dikeringkan segera setelah panen, untuk menghindari penurunan daya tumbuh.

Ruang Penyimpanan Benih

Faktor yang mempengaruhi daya hidup benih plasma nutfah selama dalam penyimpanan adalah kelembaban dan temperatur. Kelembaban mengendalikan kadar air biji, sedangkan temperatur mempengaruhi proses biokimia biji. Terdapat dua aspek penting yang terkait dengan daya tumbuh, kelembaban, dan temperatur benih. Pertama, daya hidup benih menjadi separuhnya bila temperatur naik 5°C. Kedua, hal serupa juga terjadi bila kadar air biji naik 1%. Aspek yang pertama tidak berlaku bila temperatur kurang dari 0°C atau di atas 50°C. Aspek kedua dapat diterapkan bila kadar air biji 5-14%, di bawah 5% daya hidup benih menurun karena autooksidasi biji. Jika kadar air biji di atas 14%, jamur dapat berkembang dan menurunkan daya tumbuh benih (Saxena 1993).

Konservasi benih plasma nutfah dalam bank gen terdiri atas koleksi dasar (*base collection*) dan koleksi aktif (*active collection*). Ruang untuk koleksi dasar memiliki temperatur -18°C atau lebih dingin dengan kelembaban rendah dan kadar air biji 3-7%. Ruang untuk koleksi aktif harus dapat menjamin viabilitas benih lebih dari 65% (FAO/IPGRI 1994). Dalam konservasi plasma nutfah perlu diperhatikan duplikat contoh, untuk mengantisipasi hilangnya aksesori karena bencana alam atau faktor lain yang menyebabkan penurunan viabilitas aksesori.

Wadah benih dipilih dari bahan yang tahan kelembaban dan dapat ditulis untuk label, dan dapat terhindar dari kebocoran. Dalam penyimpanan

jangka panjang perlu pula diperhitungkan adanya gas yang bersifat beracun yang dapat mempengaruhi daya hidup (*longevity*) benih. Namun, pada kadar air dan temperatur yang rendah, aktivitas metabolisme dan autokatalitik akan menurun sehingga dapat menekan gas beracun yang akan mempengaruhi daya hidup benih.

Monitoring Daya Kecambah Benih

Untuk mengetahui keadaan benih yang disimpan dalam bank gen perlu dilakukan monitoring daya tumbuh benih. Proses monitoring benih dalam bank gen perlu memperhatikan kondisi ruang penyimpanan dan keadaan awal benih yang disimpan, (jumlah benih, daya tumbuh, kadar air awal biji). Pengujian daya tumbuh benih dilakukan dengan mengambil contoh benih yang disimpan, yang hanya dapat dilakukan apabila jumlah benih cukup untuk uji daya tumbuh. Bila tidak cukup untuk uji daya tumbuh, benih direjuvenasi saja.

Dalam pengujian daya tumbuh, pengambilan benih dilakukan di ruang berlingas rendah dan wadah penyimpanan benih cepat ditutup untuk menghindari benih agar tidak mengabsorpsi air udara. Uji daya tumbuh benih memerlukan 100 biji, dua ulangan atau uji daya tumbuh secara sekuensial dengan membentuk kumpulan 40 biji (Tabel 3). Jika daya tumbuh lebih dari 85%, benih tetap boleh disimpan, dan bila kurang dari 85% perlu dilakukan rejuvenasi atau pembaruan benih dengan cara ditanam dan memanen benih baru.

Tujuan konservasi plasma nutfah jagung adalah untuk mempertahankan keragaman genetik seluas mungkin dan menghindari terjadinya erosi genetik. Efektivitas pelestarian, regenerasi, dan koleksi plasma nutfah jagung bergantung pada prosedur *sampling*, *random genetic drift*, dan viabilitas benih. Telah diketahui bahwa biji ortodok dapat hidup (*viable*) pada kondisi

Tabel 3. Uji daya tumbuh sekuensial bagi 85% tumbuh dengan 40 kumpulan biji.

Jumlah biji	Rejuvenasi bila jumlah biji tumbuh kurang dari	Uji diulangi jika biji tumbuh	Simpan jika biji tumbuh lebih dari
40	29	30-40	-
80	64	65-75	76
120	100	101-110	111
160	135	136-145	146
200	170	171-180	181
240	205	206-215	216
280	240	241-250	251
320	275	276-285	286
360	310	311-320	321

dingin dan kering, untuk jangka waktu yang lama, proporsional dengan temperatur, kelembaban dan kadar air biji. Kondisi tempat penyimpanan gen plasma nutfah pada umumnya mengharuskan regenerasi secara periodik, dan sekaligus memperbanyak stok benih di dalam gudang. Akses plasma nutfah jagung memiliki sistem penyerbukan bunga bersilang, sehingga pada setiap regenerasi, terjadi perubahan struktur genetik yang disebabkan oleh *genetic drift*, seleksi, persilangan (*outcrossing*) atau tercampur karena kesalahan. *Genetic drift* dapat terjadi pada setiap regenerasi akibat *sampling error* dari tetua. Drift terjadi karena turunnya viabilitas benih dan merusak integritas akses genetik plasma nutfah yang disimpan dalam bank gen. Semua faktor yang dapat mengubah komposisi genetik plasma nutfah perlu diminimalisasi, agar populasi akses plasma nutfah jagung tetap sama dengan populasi aslinya.

Konservasi *In situ*

Konservasi *in situ* dapat dilakukan di alam atau lahan petani bergantung kepada materi yang dipertahankan. Konservasi *in situ* bersifat dinamis, dibanding dengan semi statis dari konservasi *ex situ*, karena populasi dibiarkan berkembang dan berevolusi secara alami. Alasan utama konservasi *in situ* adalah adanya keperluan untuk mempertahankan proses evolusi dari populasi, tidak hanya dilihat dari perspektif pemulia tanaman, tetapi juga dari aspek biologis yang ingin mempertahankan variabilitas populasi di alam (Rao and Riley 1994). Selanjutnya Rao dan Riley (1994) mengemukakan, untuk keberhasilan konservasi *in situ* perlu informasi tentang tingkat erosi genetik yang disebabkan oleh introduksi varietas baru, identifikasi keragaman genetik tanaman jagung di suatu daerah, perubahan temporal (jangka waktu), dan spasial (luas tanaman) yang akan berpengaruh terhadap struktur genetik. Dalam kaitan agrobiodiversitas, pengaruh budaya petani, budi daya preferensi, dan faktor lingkungan merupakan hal yang penting dalam menentukan arah evolusi komposisi genetik plasma nutfah jagung yang dikonservasi secara *in situ*.

Teknik Rejuvenasi-Regenerasi Benih Plasma Nutfah

Dalam melakukan regenerasi/rejuvenasi benih plasma nutfah jagung, hal yang paling penting adalah mempertahankan komposisi dan integritas genetik dari akses dan mempertimbangkan biaya yang diperlukan (Hamilton *et al.* 2002). Kegiatan yang paling penting dari konservasi adalah mempertahankan viabilitas benih dari setiap akses plasma nutfah dalam bank gen. Regenerasi diperlukan bila daya tumbuh benih kurang dari 85% dan bila jumlah benih sudah mencapai batas minimum. Regenerasi memerlukan waktu, tenaga, ketelitian, dan biaya yang besar serta berpotensi

negatif terhadap adanya perubahan aksesori, karena perubahan komposisi genetik atau aksesori akibat serangan hama dan penyakit. Oleh karena itu, regenerasi dilaksanakan dalam frekuensi agak jarang. Untuk tanaman yang menyerbuk silang seperti jagung, aksesori diperbaharui dengan mencegah terjadinya penyerbukan silang antarvarietas. Diperlukan isolasi jarak 3 km antara tanaman rejuvenasi dengan tanaman jagung lainnya, untuk mencegah polinasi dari serangga. Jarak antaraksesori sebaiknya 300-500 m untuk menghindari polinasi angin, bila persilangan tidak dilakukan sendiri. Cara tanpa *sibbing* memerlukan lahan yang sangat luas, sehingga tidak praktis. Rejuvenasi jagung biasanya dilakukan dengan cara *sibbing* (persilangan sendiri antartanaman), untuk memperbanyak benih dapat dilakukan terhadap minimal 50 tanaman per aksesori. Beberapa peneliti menganjurkan untuk menanam 200 tanaman dengan menggabungkan (*bulk*) polen dari malai. Pada saat panen, dipilih 100 tongkol terbaik hasil *sibbing*. Cara lain dengan menanam 20-100 tanaman lalu dilakukan penyerbukan secara bulk polen secara manual (tangan), kemudian pada saat panen diambil sejumlah biji yang sama dari setiap tongkol sebanyak 100 butir (Bhat 1993). Teknik tersebut bertujuan agar benih baru dari hasil rejuvenasi memiliki komposisi genetik yang sama dengan aksesori awalnya.

DOKUMENTASI DATABASE DAN PENELITIAN PLASMA NUTFAH JAGUNG

Informasi karakteristik aksesori-aksesori yang disimpan dalam bank gen harus dapat diakses dengan cepat dan mudah, terutama oleh pemulia tanaman. Oleh karena itu perlu dikembangkan database plasma nutfah. Data hasil koleksi-eksplorasi, karakterisasi sifat morfologi, agronomi, mutu gizi, dan hasil evaluasi plasma nutfah terhadap cekaman biotik dan abiotik perlu disimpan dalam database untuk mempermudah pengelolaan plasma nutfah.

Sistem database plasma nutfah minimal memiliki data passport aksesori, di antaranya meliputi: nomor aksesori, nama institusi/individu, nomor aksesori dari donor, nomor lain yang berkaitan dengan aksesori, nama varietas.

Penelitian plasma nutfah merupakan bagian integral dari pengelolaan plasma nutfah jagung, yang ditujukan untuk menggali informasi dasar dari plasma nutfah tersebut. Pemanfaatan plasma nutfah dalam program pemuliaan sebenarnya merupakan penelitian plasma nutfah.

Penelitian plasma nutfah dilakukan oleh peneliti dan pengelola plasma nutfah dan pada umumnya belum mencapai tahapan pembentukan varietas unggul. Tujuan penelitian plasma nutfah antara lain adalah: (1)

mengidentifikasi kandungan gen-gen penting yang dimiliki oleh plasma nutfah, (2) mengetahui cara pewarisan dan cara aksi gen dalam mengatur sifat-sifat yang diinginkan, (3) mengetahui hubungan kekerabatan dan asal-usul aksesori plasma nutfah, (4) mengetahui pola heterosis dari berbagai pool genotipe aksesori plasma nutfah, (5) mengidentifikasi sifat-sifat gen spesifik, seperti tahan terhadap cekaman abiotik, mutu protein, kandungan vitamin dan lain-lain dari plasma nutfah yang ada, (6) mengetahui hubungan kausatif dan korelatif antara sifat morfologis dengan produktivitas dalam rangka pembentukan *ideo-plant type* (tipe tanaman ideal), (7) mengetahui besaran parameter genetik populasi guna mendukung efisiensi program pemuliaan, dan (8) mengelompokkan koleksi plasma nutfah jagung berdasarkan berbagai marka molekuler.

Penelitian plasma nutfah dapat ditujukan untuk persyaratan pelepasan plasma nutfah secara resmi, seperti halnya pelepasan varietas. Persyaratan untuk pelepasan plasma nutfah dapat dikaitkan dengan penemuan gen penting untuk perbaikan sifat tanaman, yang sebelumnya belum pernah dilaporkan.

Adanya kegiatan penelitian plasma nutfah tidak boleh mengurangi fungsi utama pengelolaan plasma nutfah, yaitu menyediakan tetua sumber gen sebagai bahan pemuliaan. Dalam hal plasma nutfah jagung, keterkaitan dan integrasi antara pengelolaan plasma nutfah dengan program pemuliaan sangat diperlukan dan merupakan keharusan, karena sifat komposisi genetik jagung sangat dinamis, mudah diintegrasikan, dan mudah pula terjadi kehilangan gen. Pada sebagian program pemuliaan, pengelola plasma nutfah jagung dapat dilibatkan dalam pembentukan populasi dasar atau gen pool dan peningkatan populasi (*population improvement*)

Keberhasilan pengelolaan plasma nutfah jagung pada dasarnya terkait dan berintegrasi dengan program pemuliaan, sehingga dapat dihasilkan varietas unggul baru jagung dalam bentuk komposit atau hibrida.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhat.S.R. 1993. Rejuvenation and multiplication of cross pollinated crops. *In*: Rana *et. al.* (Eds). Conservation and Management of Plant Genetic Resources. National Bureau of Plant Genetic Resources. New Delhi. P. 202-212.
- Chang, T.T. 1979. Crop genetic resources, pp. 83-103. *In*: Sneep and A.J.T. Hendriksen (Eds): Plant Breeding Perspectives. Centr. for Agr. Ub & Doc. Wageningen, p. 435.

- FAO/IPGRI. 1994. Genebank Standard. FAO/IPGRI. Rome. 13 p.
- Gotoh, K. and T.T. Chang. 1979. Crop adaptation, pp 234-261. *In: J. Sneep and A.J.T. Hendriksen (Eds.): Plant Breeding Perspectives. Centr.for Agr.Pub. & Doc. Wageningen*, 435 p.
- Hamilton N.R.S., J.M.M. Engels, T.J.L van Hintum, B. Koo and M. Smale. 2002. Accession management. IPGRI Technical Bulletin No.5. 65 p.
- Hawkes, J.G. 1981. Germplasm collection, preservation and use, p.57-83. *In: K. J. Frey (Ed): Plant Breeding II. Iowa State Univ.Press. Ames*, 497 p.
- Rao V.R. and K.W. Riley. 1994. REVIEW The use of biotechnology for conservation and utilization of plant genetic resources. *Plan gen. Res. Newsletter* 97:3-19.
- Rugayah. 2005. Eksplorasi. *Dalam. Luntungan et al. (Eds). Buku Pedoman Pengelolaan Plasma Nutfah Perkebunan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Badan Litbang Pertanian. p. 1-26.*
- Saxena, R.K. 1993. Guideline for sending seeds to genebank for storage. *In: Rana et. al. (Eds). Conservation and Management of Plant Genetic Resources. National Bureau of Plant Genetic Resources. New Delhi. P. 220-224.*
- Saxena, S. 1993. Storage environment and seed storage. *In: Rana et al. (Eds.). Conservation and Management of Plant Genetic Resources. National Bureau of Plant Genetic Resources. New Delhi. p. 220-224.*
- Subandi. 1980. Mass selction in two varietas of corn. *Contribution* 56:1-12.
- Subandi. 1984. Performance of corn gene pools and selected half sib families. *Contribution* 72:1-11.
- Subandi. 1987. Reserach and development of hybrid variety for maize and rice in Indonesia. *Indonesian Agric. Res. & Dev. J. 9:13-18.*
- Vasal S.K. and S. Taba. 1988. Conservation and utilization of maize genetic resources. *In: R.S. Paroda, R.K. Parora, and K.P.S. Chandel (Eds.). Plant Genetic Resources-Indian Perspective. Proceeding of the National Symposium on Plant Genetic Resources NBPGR, New Delhi. p. 91-107.*



Keragaman Hayati Plasma Nutfah Jagung

M. Yasin H.G., S. Singgih, M. Hamdani, dan Sigit B. Santoso
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Plasma nutfah didefinisikan sebagai substansi genetik yang membentuk basis fisik pewarisan sifat yang diturunkan kepada generasi berikutnya melalui sel-sel generatif (Komisi Nasional Plasma Nutfah 2004). Selanjutnya menurut GRDC (2000), plasma nutfah didefinisikan sebagai sumber bahan genetik yang berperan pada semua aspek di bidang pertanian untuk perakitan varietas baru.

Strain lokal sebagai plasma nutfah yang ditanam, dirawat, dan dilestarikan secara turun-temurun merupakan kekayaan aksesori (*accession*) dan bila telah meluas dikenal sebagai varietas lokal (*local variety*). Varietas lokal adalah milik masyarakat yang dikuasai negara, dan pemerintah berkewajiban memberikan perlindungan terhadap varietas lokal (Adisoemanto 2004). Plasma nutfah serealia mencakup jagung, sorgum, gandum, jali, dan millet telah dikoleksi, diperbanyak, dan disimpan di Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal).

Adiningrat (2004) mengemukakan bahwa plasma nutfah adalah awal dari kehidupan pertumbuhan yang ikut menentukan keberhasilan panen. Unsur plasma nutfah terdiri atas varietas komersial, varietas lama, *land races*, *wild type*, mutan, strain, galur, varian kromosomik, transgenik, dan transgenomik. Plasma nutfah terkait erat dengan pemuliaan dan perbenihan. Keberhasilan program pemuliaan bergantung pada koleksi plasma nutfah. Varietas lokal dan unsur plasma nutfah lainnya merupakan sumber genetik program pemuliaan. CIMMYT (1998) mengelompokkan plasma nutfah jagung untuk dataran rendah tropis ke dalam 12 gene pool. Gene pool selanjutnya diekstrak menjadi populasi, dan melalui perbaikan populasi kemudian dihasilkan varietas baru. Sumarno dan Zuraida (2004) mengemukakan bahwa cakupan plasma nutfah adalah keragaman dalam masing-masing spesies, yang kekerabatannya dekat dan dapat disilangkan, sedangkan aneka ragam hayati antarspesies memiliki kekerabatan yang jauh dan tidak dapat disilangkan.

Kegiatan koleksi, rejuvenasi, karakterisasi, dan pemeliharaan mutu genetik plasma nutfah jagung telah dilakukan sejak awal abad XX. Semakin banyak koleksi plasma nutfah, semakin besar peluang untuk mendapatkan varietas unggul, kendatipun erosi genetik terus terjadi karena terdesak oleh perkembangan varietas unggul. Sifat genetik varietas lokal dan *land race* mempunyai keunggulan khusus dibanding varietas unggul, di antaranya

tahan cekaman biotik dan abiotik, tahan hama gudang, tahan disimpan lebih lama, tidak mudah rebah, mempunyai biomas tinggi, rasa lebih disukai, tetapi produktivitasnya relatif rendah (Adisoemarto 2004).

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari berbagai suku dan budaya, berkaitan erat dengan traktat nasional dalam pemanfaatan sumber daya genetik yang beragam antarwilayah, budaya, dan agroekologi. Keanekaragaman plasma nutfah merupakan kekayaan nasional yang perlu dilestarikan sebagai sumber genetik dalam perakitan varietas baru. Varietas lokal berperan sebagai bahan genetik pembentuk varietas unggul. Oleh sebab itu, pelestarian plasma nutfah harus ditangani secara terintegrasi, dengan pengelolaan terkait dengan komisi plasma nutfah nasional, balai penelitian nasional, dan industri benih. Pemanfaatan plasma nutfah idealnya dapat diarahkan untuk lebih mensejahterakan manusia, diiringi keanekaragaman dan keunikan yang dapat dilakukan secara berkelanjutan.

SISTEM KOLEKSI, KARAKTERISASI, DAN PEMBARUAN

Pada tahun 2000an, kegiatan koleksi jagung dilakukan di sentra produksi yang meliputi Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Gorontalo, Lampung, dan Sulawesi Selatan. Koleksi di lapangan dilaksanakan dengan cara mengumpulkan 1 kg pipilan atau sekitar 10 tongkol dari sejumlah petani. Benih yang terkoleksi selanjutnya diseleksi, dikeringkan, dan diuji daya kecambahnya. Benih hasil koleksi yang daya tumbuhnya rendah diperbarui (*rejuvenasi*) guna mempertahankan sifat genetik dan potensi hasilnya. Benih plasma nutfah jagung adalah potensi genetik untuk memperoleh keragaman genetik tanaman. Penurunan mutu benih berakibat komposisi genetik berubah dan tidak akan mencapai hasil maksimal (Douglas 1983). Hasil koleksi dilanjutkan dengan karakterisasi.

Koleksi plasma nutfah digolongkan:

- a) Koleksi dasar materi disimpan untuk jangka panjang (> 10 tahun).
- b) Koleksi aktif disimpan untuk jangka menengah (< 10 tahun) dan digunakan untuk perbanyakan, regenerasi, distribusi, karakterisasi, dan evaluasi.
- c) Koleksi kerja digunakan dalam program pemuliaan.

Terdapat enam bagian penting dalam sistem pengelolaan plasma nutfah yaitu:

- a) Kelembagaan dan peraturannya
- b) Inventarisasi dan eksplorasi
- c) Konservasi

- d) Evaluasi dan pemanfaatan
- e) Rejuvenasi dan reproduksi
- f) Pertukaran dan dokumentasi

Hal yang penting dalam inventarisasi dan eksplorasi adalah mengetahui jumlah, habitat, status keberadaan, pemilik, sebaran genetik, dan manfaat bagi masyarakat sekitarnya. Eksplorasi adalah kegiatan mencari, mengumpulkan, dan mengamankan dari kepunahan, dilakukan di daerah terpencil seperti daerah endemik hama dan penyakit, dan daerah pertanian konvensional. Menurut Diwyanto *et al.* (2004), keanekaragaman pengelolaan plasma nutfah mencakup seluruh kegiatan pengelolaan, perbenihan, pembibitan, processing, dan pemasaran tanaman. Evaluasi karakter dilakukan untuk mengetahui sifat dari setiap plasma nutfah, karakter kuantitatif yang diamati antara lain adalah tinggi tanaman, komponen hasil, ketahanan terhadap hama penyakit, dan selanjutnya data dikelola dalam program database.

PEMBARUAN BENIH PLASMA NUTFAH JAGUNG

Setiap aksesi ditanam pada petak berukuran 5 m x 10 m, jarak tanam 75 cm x 20 cm, satu tanaman tiap rumpun, dan dipupuk dengan 300 kg urea, 200 kg SP36, dan KCl 100 kg/ha. Tanaman dipelihara secara optimal dari gangguan gulma, hama, penyakit, dan cekaman air. Kemurnian benih diperoleh dengan metode persilangan antartanaman (*sibbing*) dalam setiap aksesi. Tongkol yang dipanen berasal dari tanaman yang sehat dengan kantong yang utuh. Prosesing selanjutnya adalah pengeringan tongkol, pemipilan biji, pengeringan, dan mencampurkan benih dari setiap tongkol secara berimbang (150 butir/tongkol). Karakterisasi dilakukan pada fase vegetatif dan generatif. Karakter kualitatif yang diamati adalah warna daun, warna batang, warna urat daun, warna biji, sedangkan karakter kuantitatif yang diamati adalah tinggi tanaman dan tongkol, umur berbunga, dan komponen hasil.

Karakterisasi dan evaluasi dilakukan secara berkala yang bertujuan untuk memeriksa penyimpangan karakter, dan pembaruan benih. Karakterisasi dan evaluasi suatu varietas diberi nomor urut, yang menunjukkan "generasi". Dokumentasi dilakukan mulai dari hasil eksplorasi, karakterisasi, evaluasi, rejuvenasi, perbanyakan, pemanfaatan dan peyebarluasan, serta pertukaran informasi kepada pengguna. Dilaporkan Suryawati *et al.* (2005) bahwa pemanfaatan plasma nutfah telah menghasilkan beberapa varietas unggul jagung, yakni 11 hibrida, tujuh jagung bersari bebas, dan dua jagung protein tinggi/QPM (*quality protein maize*).

Kegiatan dokumentasi bertujuan untuk:

- Mencatat data dan memonitor penyimpanan, pemeliharaan, dan rejuvenasi.
- Memberikan akses informasi langsung kepada para pengguna.
- Memudahkan para pengguna plasma nutfah untuk mengakses benih koleksi yang diinginkan dan mengetahui statusnya secara elektronik.

Data yang didokumentasikan dibagi menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

1. Data paspor: kumpulan informasi yang berhubungan dengan asal akses, misalnya daerah atau negara asal, tipe, dan keadaan akses.
2. Data karakteristik: kumpulan informasi mengenai sifat morfologis dan agronomis, seperti tipe malai, bentuk daun, warna biji, umur berbunga, umur panen, dan bobot biji.
3. Data evaluasi: kumpulan informasi yang berkaitan dengan mutu gizi (kandungan protein, lemak, dan karbohidrat biji), reaksi terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit) dan abiotik (kekeringan, keracunan aluminium, atau pH tanah yang tinggi)
4. Data manajemen benih: informasi yang berkaitan dengan arus keluar masuk akses dari penyimpanan ke pengguna dan sebaliknya, serta penyebaran benih.

Pada Tabel 1 disajikan hasil karakterisasi akses jagung di Madura, Jawa Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Nusa Tenggara Barat, Gorontalo, dan Sulawesi Selatan.

SIFAT AGRONOMIS PLASMA NUTFAH

Karakter agronomis 200 akses plasma nutfah jagung disajikan pada Tabel 2. Secara umum terdapat keragaman karakter agronomis yang diamati. Terdapat 10 akses yang berbunga genjah, 35-40 hari setelah tanam. Tinggi tanaman berkisar antara 101-300 cm, dua di antaranya lebih dari 300 cm. Bobot biomas 100-1.000 g/tanaman, tiga akses memiliki bobot biomas lebih dari 1.000 kg/tanaman. Terdapat delapan akses memiliki bobot biji lebih dari 90 g/tongkol. Tujuh akses memiliki bobot 100 biji 30-40 g.

Tabel 1. Karakterisasi aksesori jagung, lokasi, nama lokal, dan karakter biji. Maros, 2004/05.

Asal	Nama lokal	Karakter biji
Madura	Manding (nama kecamatan)	Asal varietas lokal nama kodok, biji kecil gepeng, 186 g/1.000 butir, mutiara, mengkilat, jingga, 80 hari, 1,8 t/ha
	Talango (nama kecamatan)	Lokal Talango, biji kecil lancip, 184 g/1.000 butir, semimutiara, mengkilat, jingga, janggal kecil, 85 hari, 2 t/ha.
	Guluk (nama kecamatan)	Lokal Guluk, biji kecil bundar, 202 g/1.000 butir, mutiara, mengkilat, jingga, 85 hari, 2 t/ha
	Unyil	Asal pengumpul jagung Madura, dari Jawa harga mahal, biji kecil 150 gram/1.000 butir, mutiara, warna ungu
Jawa Timur	Tosari (nama kecamatan) 1.800 m dpl	Lokal Tosari, biji besar bundar, 385 g/1.000 butir, mutiara, mengkilat, putih, umur 7 bulan
	Tosari, 1.000 m dpl	Warna biji putih
Kalimantan Barat	Pontianak (lahan gambut)	Asal Arjuna, biji sedang gepeng, 284 g/1.000 butir, semimutiara, mengkilat, kuning, umur 3 bulan
Nusa Tenggara Barat	Sandubaya-Putih dan Sandubaya-Kuning	Biji kecil, gepeng, 288 g/1.000 butir, semimutiara, putih/pulut (w)/kuning, umur 3 bulan, untuk pangan, disimpan di atas rumah
	Sandubaya turunan	Biji besar 350 g/1.000 butir, semident, kuning, umur 4 bulan, untuk pangan dan pakan, disimpan di atas pohon
	Selong	Warna biji oranye
Kalimantan Selatan	Tanah laut	umur 3 bulan, untuk panganWarna biji oranye
	Genjah kodok	Jagung manis asal Bajeng, biji besar, kuning, Rp 10.000/l tanpa perlakuan benih
Sulawesi Selatan	Bajeng	Jagung manis asal Bajeng, biji besar, kuning, Rp 10.000/l tanpa perlakuan benih
	Pulut Bone	Jagung ketan yang berkembang di Kabupaten Bone.
Gorontalo	Milu Wonosari	Bentuk biji kecil, dalam, warna biji oranye, warna janggal merah.
Lampung	Unyil Tamanbogo	Adaptif pada lahan masam, tongkol sedang, 8-10 baris biji, warna biji kuning

Tabel 2. Karakter agronomis dan jumlah aksesi jagung. Bajeng, MK 2004/05.

Kisaran umur berbunga (hari)	Jumlah aksesi	Kisaran bobot biji/tongkol (g, ka.10%)	Jumlah aksesi
35-40	10	0-20	32
40,1-45	47	20,1-40	71
45,1-50	13	40,1-60	59
50,1-55	28	60,1-80	29
55,1-60	1	>90	8
Kisaran tinggi tanaman (cm)	Jumlah aksesi	Kisaran bobot biomas/tanaman (g)	Jumlah aksesi
101-150	23	100-300	41
151-200	89	301-500	74
201-250	81	501-700	53
251-300	4	701-1000	28
>300	2	>1000	3
Kisaran bobot 100 biji (g)	Jumlah aksesi	Warna biji	Jumlah aksesi
10-20	42	Putih	87
21-30	150	Kuning	32
31-40	7	Oranye	48
		Merah	1
		Kuning/oranye + putih	25
		Kuning + putih + ungu	2

Tabel 3. Benih plasma nutfah jagung setelah diperbarui. Maros 2004/05.

Jumlah aksesi	Bobot biji kg/petak	Warna biji
80	0,4-2,9	Putih
29	0,5-1,6	Kuning
47	0,2-2,3	Oranye
11	0,3-3,2	Putih kekuningan
15	1,5-2,3	Putih kemerahan
1	1,9	Kuning ke oranye
2	0,2	Kuning kemerahan

PEMBARUAN BENIH PLASMA NUTFAH

Sebanyak 185 aksesi plasma nutfah jagung telah diperbarui benihnya. Dilaporkan Subandi *et al.* (2004) bahwa jumlah benih yang dihasilkan berkisar antara 100 g hingga 4,0 kg/petak (Tabel 3).

KARAKTERISASI CEKAMAN BIOTIK DAN ABIOTIK

Ketahanan terhadap hama kumbang bubuk (*Sitophilus* sp.). Penelitian untuk mengetahui ketahanan terhadap cekaman kumbang bubuk, telah dilakukan terhadap pada 400 aksesi di laboratorium Balitsereal pada periode September-Desember 2004. Benih disimpan dalam kulkas selama dua minggu. Sebanyak 100 biji setiap genotipe disimpan dalam gelas plastik yang ditutup dengan kain kasa, kemudian diinfestasikan 10 ekor *Sitophilus* sp. generasi pertama. Pengamatan kerusakan biji dilakukan setelah biji disimpan selama dua bulan.

Terdapat keragaman genetik yang sangat besar di antara aksesi plasma nutfah (Tabel 4). Kerusakan biji berkisar antara 0-92% dengan rata-rata 34%. Dua aksesi plasma nutfah yakni 5.147 dan 5.149 tergolong sangat tahan terhadap hama kumbang bubuk karena selama dua bulan penyimpanan hanya terdapat 1% kerusakan berupa lubang gerakan pada biji. Berdasarkan pengelompokan aksesi terdapat 24 aksesi tergolong toleran kerusakan $\geq 10\%$, sebanyak 58 aksesi tergolong agak rentan, dan 23 aksesi tergolong rentan.

Ketahanan terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). Sebanyak 105 aksesi dievaluasi ketahanannya terhadap bulai, dan diperoleh 11 aksesi yang tergolong tahan dan tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding Lagaligo (Tabel 5).

Tabel 4. Jumlah aksesi jagung berdasarkan kerusakan biji oleh kumbang bubuk setelah dua bulan penyimpanan. Maros, 2004/05.

Kerusakan	Jumlah aksesi	No. aksesi
$\leq 10\%$ (toleran)	24	5147, 5149, 5066, 5003, 5151, 5095, 5130, 5102, 5096, 5138, 5169, 5171, 5135, 5030, 5177, 5144, 5033, 5165, 5168, 5092, 5101, 5145, 5073, dan 5110
11-29% (agak toleran)	58	5087, 5166, 5140, 5058, 5161, 5167, 5141, 5164, 5007, 5107, 5089, 5017, 5159, 5136, 5003k, 5170, 5038, 5118p, 5039, 5105, 5021, 5079, 5071, 5178, 5029, 5010, 5075, 5094, 5099, 5088, 5085, 5057, 5081, 5131p, 5154, 5019, 5051, 5136, 5144, 5048, 5137p, 5100, 5108, 5167p, 5125, 5123, 5013, 5132p, 5098, 5135p 5031, 5043, 5139, 5143p, 5120, 5080, 5076, dan Lamuru.
30-49% (rentan)	18	5134, 5126p, 5006, 5104, 5044, 5047, 5113, 5093, 5008, 5060, 5175p, 5024, 5064, 5086, 5022, 5005, 5176, dan 5111
$\geq 50\%$ (sangat rentan)	4	5082, 5060, 5115, dan 5036

Sumber: Subandi *et al.* (2004).

Tabel 5. Tingkat ketahanan 105 aksesi jagung terhadap penyakit bulai. Maros, 2004/05.

Tingkat ketahanan	Kerusakan (%)	Jumlah aksesi	Nomor aksesi
Tahan	$\leq 10\%$	11	5060, 5164, 5127, 5154,, 5279, 5282, 5306, 5307, 5322, 5331, Lagaligo (pembanding tahan)
Agak tahan	10-29%	42	5121, 5132, 5134, 5137, 5145, 5138, 5178, 5244, 5098, 5109, 5100, 5039, 5047, 5162, 5163, 5186, 5190, 5198, 5221, 5228, 5243, 5245, 5267, 5268, 5298, 5299, 5300, 5304, 5305, 5334, 5336, 5337, 5340, 0093, 0095, 0097, 0108, 0160, 0163, 0167, 0168, 0169,
Rentan	30-49%	38	5128, 5168, 5140, 5007, 5038, 5151, 5166, 5170, 5173, 5175, 5181, 5197, 5199, 5200, 5212, 5216, 5226, 5229, 5265, 5270, 5073, 5284, 5287, 5291, 5295, 5302, 5315, 5316, 5325, 0043, 0094, 0151, 0159, 0161, 0162, 0172, 0173, 0174,
Sangat rentan	$\geq 50\%$	14	5166, 5176, 5183, 5185, 5225, 5232, 0041, 0096, 0139, 0156, 0157, 0165, 0166, dan pulut (pembanding rentan)

Tabel 6. Reaksi ketahanan penyakit busuk batang 105 aksesi jagung. Bajeng, 2004/05.

Skoring ketahanan	Kategori	Jumlah aksesi	Aksesi toleran dan tahan
0 < 2,0	Toleran	8	5030, 5031
2,1-3,0	Agak toleran	43	5095, 5112
3,1-4,0	Agak rentan	38	5283 dan 5284
4,1-5,0	Rentan	16	
Jumlah		105	

Ketahanan terhadap penyakit busuk batang (*Fusarium sp.*). Terdapat 106 aksesi yang memiliki variasi ketahanan terhadap penyakit busuk batang (Tabel 6). Hasil penelitian menunjukkan bahwa delapan aksesi memberikan reaksi tahan dan dapat dijadikan induk persilangan dalam perakitan varietas tahan busuk batang.

Sejumlah materi plasma nutfah yang telah mengalami perbaikan genetik terhadap cekaman kekeringan dan kemasaman tanah disajikan pada Tabel 7. Populasi AMATL telah menghasilkan varietas toleran cekaman sulfat masam dengan nama Sukmaraga, dan populasi Maros Sintetik 2 yang toleran kekeringan telah dilepas sebagai varietas Anoman 1.

Tabel 7. Populasi yang diperbaiki dan lingkungan seleksi untuk pembentukan varietas pada lahan marginal.

Populasi	Asal	Tujuan seleksi	Lingkungan seleksi
Pool-2	Suwan 2 dan lokal	Kekeringan, hasil tinggi, umur genjah	Sulsel: Lanrang, Bone, Bulukumba
Tuxpeno Sequia	Asal CIMMYT	Kekeringan, hasil tinggi, umur sedang	Jatim: Muneng, Probolinggo
SATP	Asal SA3 ditambah introgesi bahan lain	Cekaman keracunan Al, hasil tinggi, umur sedang	Kalsel: Barambai, Banjarbaru
AMATL	Turunan SA3 x bahan DMR	Keracunan Al, tahan penyakit bulai, umur dalam	Kalsel: Barambai Banjarbaru Lampung Tengah
Maros Sintetis-1	Turunan galur S4,S5 asal sulfat masam	Kahat N, sulfat masam	Sulsel: Maros, Bajeng
Maros Sintetis-2	Tuxpeno Sequia x Pulut S1 CO	Perbaikan pulut lokal	Sulsel: Maros, Bajeng
Barambai komposit	Turunan SA-4	Toleran tanah masam	Kalsel: Barambai, Banjarbaru, Lampung Tengah
SA-3	CIMMYT Bangkok	Toleran tanah masam Podsolik Merah Kuning	Kalsel: Barambai, Banjarbaru; Lampung Tengah
SA-4	CIMMYT Bangkok	Toleran tanah masam Podsolik Merah Kuning	Kalsel: Barambai, Banjarbaru; Lampung Tengah
SA-5	CIMMYT Bangkok	Toleran tanah masam Podsolik Merah Kuning	Kalsel: Barambai, Banjarbaru; Lampung Tengah
CML357-CML364	CIMMYT Meksiko	Toleran tanah masam Podsolik Merah Kuning	Kalsel: Barambai, Banjarbaru; Lampung Tengah

KARAKTERISASI KANDUNGAN NUTRISI

Pada Tabel 8 disajikan hasil analisis proksimat/nutrisi jagung, termasuk millet dan gandum. Kandungan karbohidrat jagung lebih tinggi dibanding gandum dan millet, sedangkan protein jagung lebih rendah dari gandum.

Analisis terhadap 21 plasma nutfah (galur, varietas unggul, dan populasi harapan) dan 23 aksesi jagung biasa (lokal, pulut, jagung manis, dan jagung berondong) telah dilakukan di laboratorium Balitsereal dan BB Biogen pada tahun 2004. Hasil analisis menunjukkan beberapa aksesi plasma nutfah jagung mengandung protein 7,7-9,5%, lemak 4,0-5,2%, serat kasar 2,0-2,8%, karbohidrat 72,1-75,5%, dan amilosa 6,7-22,7% (Tabel 9). Jagung QPM putih

Tabel 8. Proksimat/nutrisi millet, jagung, dan gandum. Maros, 2005.

Proksimat	Millet	Jagung	Gandum
Karbohidrat (%)	63,0	72,0	64,0
Protein (%)	10,6	10,0	14,0
Lemak (%)	1,9	5,0	2,0
Serat (%)	2,9	2,0	2,0
Lain-lain (%)	21,6	11	18
Kalsium (mg/100g)	440	45	38
Besi (mg/100g)	7	3	4
Fospor (mg/100g)	156	224	385
Natrium (mg/100g)	53	11	9
Kalium (mg/100g)	398	78	75

Sumber: Andoko 2001.

Tabel 9. Kadar nutrisi plasma nutfah (galur dan varietas) jagung. Maros, 2004/05.

Genotipe	Air (%)	Abu (% bb)	Protein (% bb)	Lemak (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Amilosa (% bb)
Galur							
MR4	10,96	2,09	9,63	5,11	2,11	72,59	18,16
MR8	9,68	2,16	8,25	5,01	2,29	74,95	18,22
MR9	10,39	2,05	8,69	5,21	2,21	73,60	18,36
MR11	10,72	1,87	7,15	5,11	2,60	74,51	18,44
MR12	10,30	1,88	9,31	5,06	2,06	73,39	18,62
MR13	9,56	2,03	9,75	4,95	2,46	73,66	18,53
MR14	10,44	2,02	9,56	5,05	2,28	72,88	17,84
GM15	10,14	1,98	7,37	4,76	2,32	75,68	19,70
Varietas bersari bebas							
Kresna	10,20	2,05	7,95	5,34	2,21	74,36	20,71
Gumarang	10,79	1,96	8,19	5,04	2,65	73,97	19,67
Lamuru	9,70	1,69	7,18	5,11	2,64	76,26	19,75
Sukmaraga	10,70	1,72	8,41	5,61	1,99	73,30	20,71
Palakka	10,84	1,89	9,05	5,11	2,06	73,09	20,45
Lagaligo	9,79	2,17	8,06	5,01	2,12	74,95	15,69
Varietas hibrida							
Semar-8	9,38	1,99	9,50	4,84	2,20	74,21	18,10
Semar-9	10,50	2,11	9,02	5,02	2,75	73,26	17,12
Semar-10	9,73	2,04	8,98	4,76	2,42	74,38	19,26
Bima-1	10,06	2,21	10,31	5,02	2,56	72,29	18,89
Populasi harapan							
MSQ-K1	10,19	1,89	9,82	5,93	2,25	73,02	18,62
MSQ-P1	11,02	1,84	9,34	6,10	1,94	71,70	18,79
MS-2	10,29	1,74	9,91	5,44	1,88	74,39	20,45

mengandung lisin 171 mg/100 g dan triptofan 139 mg/100 g, lebih tinggi dibanding QPM kuning 111 mg/100 g lisin dan 97 mg/100 g triptofan. Varietas Lamuru dan inbrida MR11 memiliki kandungan protein yang tergolong rendah (dibanding jagung QPM harapan dan beberapa plasma nutfah. Pada Tabel 10 disajikan kandungan nutrisi jagung lokal. Jagung QPM harapan MSQP1 mengandung lisin dan triptofan yang tinggi (Tabel 11). Pada Tabel 12 diinformasikan kandungan protein, lisin, dan triptofan beberapa entri jagung QPM.

Tabel 10. Kadar nutrisi plasma nutfah jagung. Maros, 2004/05.

Genotipe	Air (%)	Abu (% bb)	Protein (% bb)	Lemak (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Amilosa (% bb)
Biji kuning							
Manado kuning	10,84	1,58	9,44	5,01	2,21	73,04	18,36
Genjah tongkol	10,62	1,97	9,02	4,76	2,16	73,58	20,19
Jagung IR	10,83	1,90	9,81	4,62	2,06	72,80	21,33
Lokal Lampung	10,92	2,04	8,94	4,34	2,65	73,72	19,93
Lokal Ciarnis	10,06	2,14	9,67	4,01	2,12	74,05	16,63
Lokal Palopo	10,50	2,09	8,75	4,74	2,26	73,88	19,14
Boronubean	11,08	2,12	9,75	4,81	2,06	72,15	19,67
Penmasa	11,13	1,97	7,75	4,75	2,77	74,35	21,88
Molo tuke	10,62	1,85	8,25	4,60	2,70	74,67	20,19
Biji putih							
Lokal Blora	10,27	1,98	7,38	4,69	2,36	75,58	21,30
Lokal Bantul	10,68	1,79	8,10	5,13	2,08	74,30	20,45
Lokal Gorontalo	9,94	2,04	8,88	4,95	2,26	74,12	18,10
Pakelo	9,83	2,26	7,79	4,84	2,86	75,14	19,14
Lokal Jeneponto	10,47	2,09	8,63	4,92	2,16	73,81	19,25
Koasa Takalar	10,32	2,17	8,34	4,95	2,73	74,14	18,87
Tafenpah	10,22	2,08	9,38	4,64	2,31	73,59	17,84
Pen Kikis	10,65	1,59	7,69	5,25	2,45	74,75	22,73
Pulut Cilla	10,87	2,10	8,81	4,96	2,01	73,18	7,24
Pulut Takalar	10,32	2,15	8,06	5,06	2,15	74,35	6,98
Pulut Gorontalo	9,94	2,04	8,98	4,92	2,24	74,06	8,25
Pulut Bulukumba	10,71	2,21	8,09	4,94	2,12	73,91	6,72
Jagung khusus							
Jagung berondong	10,46	2,15	9,53	4,09	2,19	73,65	16,44
Jagung manis	11,13	2,09	9,15	5,05	2,08	77,54	15,92

Tabel 11. Kadar asam amino lisin dan triptofan jagung QPM rakitan Balitsereal. Maros, 2006.

Populasi harapan QPM	Lisin (%)	Triptofan (%)	Protein (%)
MSQK1C0	0,480	0,095	11,15
MSQP1C0	0,543	0,111	12,90

Tabel 12. Kandungan protein, lisin, dan triptofan beberapa entri jagung QPM.

Entri	Protein (%)	Lisin (%)	Triptofan (%)
S99TLYQ GH "A"	10,00	0,48	0,091
S99TLYQ GH "AB"	8,56	0,421	0,081
S99TLYQ-A	9,90	0,468	0,091
S99TLYQ-AB	10,38	0,477	0,093
S00TLYQ-B	9,85	0,48	0,092
S00TLYQ-AB	9,25	0,456	0,086
ACROSS 8365	-	-	-
POZA RICA 8365	9,39	0,441	0,085
IBOPERENDRA 8565	9,03	0,452	0,086
ACROSS 8365a	-	-	-
TOCUMEN 8565	9,45	0,447	0,084
TOMEGUIN 8565	-	-	-
POZA RICA 8765	8,49	0,378	0,078
ACROSS 8765	10,22	0,432	0,096
GUIANIA 8765	10,06	-	0,094
IBOPERENDRA 8666	-	-	-
ACROSS 8666	10,53	0,411	0,093
POZA RICA 8666	9,46	0,425	0,084
S89TLYQ (F/D)	9,63	-	0,104
POP61C1QPM TEYF	8,95	0,411	0,081
S87P69Q	-	-	-
S87P65Q	-	-	-
Pembanding			
Bisma	8,82	0,275	0,065
Lamuru	8,49	0,278	0,064

- data belum tersedia

KESIMPULAN DAN SARAN

- Sejumlah aksesi plasma nutfah jagung yang telah terkarakterisasi sifat agronomisnya dapat dimanfaatkan sebagai induk persilangan varietas unggul spesifik.
- Terdapat aksesi jagung yang memiliki kadar nutrisi tinggi dengan tingkat ketahanan berbeda terhadap hama dan penyakit.
- Telah tersedia informasi tentang ketersediaan benih inti (*nuclear seeds*) dan karakter setiap varietas unggul jagung, termasuk inbrida elit, jagung QPM, dan calon varietas unggul nasional.
- Upaya pengumpulan plasma nutfah jagung perlu lebih diintensifkan untuk menambah koleksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrat. E. D., 2004. Menggerakkan dan membangun industri perbenihan di Indonesia. Asbenindo. Prosiding Lokakarya Peripi VII. Dukungan Pemuliaan terhadap industri perbenihan pada era pertanian kompetitif. Malang. p. 10
- Adisoemarto. S. 2004 Status global plasma nutfah dan sebarannya. Suatu tinjauan terhadap perkembangan sumber daya genetik tanaman untuk pangan dan pertanian. Prosiding Simposium Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia. Bogor
- Andoko. A. 2001. Bertanam millet untuk pakan burung. Penebar Swadaya, Jakarta.
- CIMMYT, 1998. Briefing Book. CIMMYT board of trustees. Visit to Poza Rica experiment station germplasm development. p 14.
- Diwyanto, K., Sutrisno, dan B. Setiadi. 2004. Pengelolaan agrobiodiversity. esensi strategi menuju ketahanan pangan yang berkelanjutan. Prosiding Seminar Pemanfaatan Plasma Nutfah sebagai Sumber Daya Genetik untuk Meningkatkan Katahanan Pangan. Ristek. Jakarta. p. 30.
- Douglas, J. 1983. Essential elements for succesfull seed program. Study guide. CIAT Cali. Columbia. p. 6
- GRDC (Grain Research & Development Cooperation). 2000. Seeds of change. Increasing productivity. Kingston Act. 2004. Australia. p.6
- Komisi Nasional Plasma Nutfah. 2004. Kumpulan bahan ratifikasi. Traktat internasional sumber daya genetik tanaman untuk pangan dan pertanian. Departemen Pertanian. Jakarta. p.74
- King, J. G., and G. Edmeades. 1977. Morphology and growth of maize. IITA/ CIMMYT. Research guide 9. El Batan, Mexico. p. 8
- Subandi, I.M. Mejaya, M. Dahlan, O. Suherman, S. Singgih, M. Hamdani, H. A. Rosmalasari, S. Kantong, R. Efendy, N. Riany, Fatmawaty, Surtikanti, dan Suarni. 2004. Koleksi, karakterisasi, evaluasi, konservasi, dan perbanyakan benih plasma nutfah sereal. Balitsereal Maros.
- Moeljopawiro, S. 2004. Perlindungan varietas tanaman. Prosiding lokakarya Peripi VII. Dukungan pemuliaan terhadap industri perbenihan pada era pertanian kompetitif. Malang. p. 24
- Sumarno dan N. Zuraida. 2004. Pengelolaan plasma nutfah terintegrasi dengan program pemuliaan dan industri benih. Prosiding simposium Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia. Bogor
- Suryawati, C. Raper, dan Zubachtirodin. 2005. Deskripsi varietas unggul jagung, Edisi keempat. Balitsereal Maros.

Pembentukan Varietas Unggul Jagung Bersari Bebas

Made J. Mejaya, M. Azrai, dan R. Neni Iriany
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Di Indonesia, jagung dibudidayakan pada lingkungan yang beragam. Luas areal panen jagung sekitar 3,3 juta ha/tahun, 80% di antaranya ditanami varietas unggul yang terdiri atas 56% jagung bersari bebas (komposit) dan 24% hibrida, sedang sisanya varietas lokal (Pingali 2001). Data Nugraha *et al.* (2002), menunjukkan, luas areal tanam jagung varietas unggul telah mencapai 75% (48% bersari bebas, 27% hibrida). Dari data tersebut nampak bahwa sebagian besar petani masih menggunakan benih jagung bersari bebas. Hal ini terkait dengan harga benih jagung bersari bebas lebih murah daripada benih jagung hibrida, atau karena benih hibrida sukar diperoleh, terutama di daerah terpencil.

Varietas unggul yang dihasilkan dari kegiatan perbaikan populasi akan berdampak pada peningkatan produksi dan nilai tambah usahatani jagung, karena daerah produksi jagung di Indonesia sangat beragam sifat agroklimatnya, yang masing-masing membutuhkan varietas yang sesuai. Varietas yang toleran terhadap cekaman lingkungan (penyakit, hama dan kekeringan) merupakan komponen penting dalam stabilitas hasil jagung.

Penanaman satu varietas dalam skala luas secara terus-menerus menyebabkan penurunan hasil. Program pemuliaan diarahkan untuk menghasilkan varietas yang beradaptasi spesifik pada wilayah dengan iklim dan jenis tanah tertentu. Pergiliran varietas diperlukan untuk mempertahankan ketahanan varietas terhadap hama dan penyakit tertentu.

Varietas jagung yang dihasilkan melalui perbaikan populasi perlu diuji pada daerah-daerah pertanaman yang mempunyai agroklimat yang berbeda untuk mengetahui tanggapannya terhadap lingkungan setempat. Adanya interaksi genotipe dengan lingkungan akan memperkecil kemajuan seleksi (Hallauer and Miranda 1981). Untuk memperkecil pengaruh interaksi ini, evaluasi genotipe perlu dilakukan pada dua lingkungan atau lebih.

Program pemuliaan tanaman terdiri atas tiga tahapan, yaitu: (a) pembentukan populasi dasar, (b) perbaikan berulang populasi dasar, dan (c) pembuatan galur untuk induk hibrida, sintetis dari populasi dasar yang telah diperbaiki.

POPULASI DASAR

Keluaran jangka panjang (lima tahun) yang diharapkan dari pemuliaan jagung pada umumnya adalah varietas unggul berumur genjah (90 hari), tahan terhadap cekaman biotik (hama, penyakit), abiotik (kekeringan, lahan masam, N rendah), dan hasil stabil. Keluaran jangka pendek adalah tersedianya populasi dasar untuk membentuk varietas komposit dan sintetis, dan tersedianya famili yang tahan terhadap cekaman lingkungan. Selain itu, juga dilakukan pemuliaan tanaman untuk memperbaiki varietas jagung pulut, jagung manis, dan jagung biomas agar mempunyai batang tegap, tongkol besar, kadar nutrisi biji tinggi, dan potensi hasil dan biomas tinggi.

Pembentukan populasi dasar didahului oleh pemilihan plasma nutfah untuk menentukan potensi perbaikan genetik sesuai dengan yang diharapkan dari program pemuliaan, sedangkan cara atau prosedur pemuliaan menentukan potensi maksimum yang bisa dicapai. Populasi dasar jagung yang digunakan di Malang pada periode 1980-1995 untuk seleksi hasil tinggi adalah MC.B, MC.C, dan MC.D; seleksi untuk ketahanan terhadap penyakit busuk pelepah adalah Arjuna, Rama dan Pop.28; seleksi untuk umur genjah yaitu MC.A, MC.F, ACER, dan Pop.31; dan seleksi untuk toleran kekeringan adalah Pool-2 dan Malang Komposit-9.

Plasma nutfah merupakan sumber gen yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keragaman tanaman, sehingga ada peluang untuk memperbaiki karakter suatu populasi dan membentuk varietas jagung. Indonesia miskin plasma nutfah jagung, sehingga dalam pemuliaan perlu menjalin kerja sama dengan negara lain untuk memperkaya plasma nutfah. Tanpa plasma nutfah yang mengandung gen-gen yang baik, pemuliaan tanaman tidak akan menghasilkan varietas unggul yang diinginkan. Untuk memperbesar keragaman genetik perlu adanya introduksi varietas/galur dari luar negeri dan koleksi dari pusat-pusat produksi di dalam negeri. Koleksi ini perlu dilestarikan dan dilakukan karakterisasi sehingga sewaktu-waktu dapat digunakan dalam program pemuliaan. CIMMYT (Meksiko) merupakan sumber utama plasma nutfah jagung di dunia.

Dari koleksi plasma nutfah dikembangkan pool gen (gen pool) yang merupakan campuran/komposit dari varietas-varietas bersari bebas, sintetis, komposit, dan hibrida. Pool gen ini mengandung gen-gen yang diinginkan yang mungkin frekuensinya masih rendah. Varietas atau hibrida hasil program pemuliaan dapat dimasukkan ke dalam pool yang telah ada (Subandi *et al.* 1988). Sebagai bahan untuk pembentukan varietas sintetis diperlukan galur-galur inbrida yang memiliki daya gabung yang baik, sedangkan untuk varietas komposit diperlukan galur yang berdaya gabung umum yang baik dan atau varietas yang memiliki variabilitas genetik yang luas.

PERBAIKAN POPULASI

Pemuliaan tanaman antara lain bertujuan untuk membentuk genotipe unggul dengan jalan menggabungkan gen-gen dari berbagai sumber atau tetua, atau mengaktifkan gen yang laten (Sumarno 2003). Strategi pemuliaan tanaman jagung untuk mendapatkan varietas unggul baru adalah dengan cara persilangan dan seleksi berulang sebagai usaha pemuliaan jangka panjang, introduksi dari luar negeri dan perbaikan populasi, serta seleksi untuk stabilitas hasil dilakukan pada berbagai sentra produksi jagung.

Seleksi Berulang

Prinsip seleksi berulang adalah memilih famili yang diinginkan dan membuat persilangan antara famili terpilih (rekombinasi), dan menanam kembali benih hasil rekombinasi untuk diseleksi lagi. Dengan cara ini akan diperoleh populasi yang lebih baik dari populasi awal.

Pada umumnya satu daur seleksi memerlukan tiga musim, yaitu persilangan untuk pembuatan famili, percobaan untuk mengevaluasi penampilan famili, dan memilih famili yang dikehendaki. Selanjutnya dilakukan pembuatan persilangan antarfamili terpilih.

Kemajuan seleksi bergantung pada keragaman genetik populasi awal yang digunakan dalam seleksi dan jenis famili yang digunakan untuk evaluasi, namun yang sangat menentukan adalah bagaimana evaluasi famili dilakukan. Percobaan harus dilakukan dengan baik, lahan dalam satu ulangan seragam, jumlah tanaman dalam satu petak cukup, pengamatan dan pengukuran dilakukan dengan baik. Adanya perbedaan tanaman antarpetak akan menyulitkan dalam pemilihan famili untuk pembentukan populasi baru. Evaluasi yang kurang tepat tidak akan memberikan hasil seperti yang diharapkan karena tingginya koefisien keragaman sehingga sulit membedakan galur yang baik dengan yang kurang baik. Kesulitan mengidentifikasi galur baik dapat disebabkan oleh faktor genetik atau lingkungan.

Ragam genetik terdiri atas ragam aditif, dominan, dan epistasi atau interaksi antara gen. Besarnya ragam genetik ditentukan oleh proporsi ragam aditif terhadap ragam total atau ragam fenotipe (σ_A^2/σ_p^2), disebut heritabilitas. Heritabilitas menentukan gen-gen yang diwariskan kepada turunannya. Komponen ragam dapat diduga dengan rancangan persilangan. Dengan mengetahui besarnya ragam aditif relatif terhadap ragam total dapat dipilih seleksi yang dapat memberikan kemajuan terbesar. Seleksi akan meningkatkan frekuensi gen karakter yang diinginkan pemulia. Pemilihan prosedur seleksi ditentukan oleh dana, fasilitas, dan tenaga.

Populasi yang telah diperbaiki dapat digunakan sebagai sumber gen untuk pembuatan hibrida. Hibrida akan memberikan hasil tinggi apabila populasi sumber galur mempunyai potensi hasil yang tinggi. Seleksi juga dapat diprogramkan untuk memperoleh galur-galur yang daya gabungannya baik untuk pembentukan varietas hibrida, seperti pada seleksi saudara tiri dengan menggunakan galur sebagai tetua penguji. Jika galur S1 disilangkan dengan suatu galur, misalnya dengan galur Mr 14, maka yang akan dipilih adalah galur-galur yang daya gabungannya baik dengan Mr 14. Indikator yang digunakan adalah jika hasilnya lebih tinggi daripada hibrida pembanding. Prosedur lain adalah seleksi berulang timbal balik, yaitu galur dari populasi A diuji dengan populasi B dan sebaliknya galur B diuji daya gabungannya dengan populasi A. Dengan seleksi ini akan diperoleh galur-galur dari populasi A yang daya gabungannya baik dengan galur-galur dari populasi B. Seleksi dapat menghasilkan populasi yang produktivitasnya lebih tinggi daripada populasi awal, sehingga dapat dilepas sebagai varietas bersari bebas. Varietas yang dihasilkan dengan prosedur ini adalah varietas Gumarang, Lamuru, dan Palaka.

Perbaikan populasi jagung dilakukan dengan seleksi berulang yaitu seleksi dilakukan berulang-ulang sampai beberapa generasi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan frekuensi gen yang baik, sehingga dapat meningkatkan nilai tengah populasi dan mempertahankan keragaman genetik populasi (Dahlan dan Slamet 1992). Seleksi berulang terdiri atas tiga tahapan kegiatan, yaitu pembuatan famili, evaluasi famili, dan rekombinasi famili terpilih. Populasi yang diperbaiki dapat berupa varietas bersari bebas, sintetik, komposit, dan pool.

Rekombinasi keturunan unggul akan meningkatkan frekuensi gen-gen yang diinginkan, sehingga dalam tahap berikutnya akan memperbesar peluang untuk mengisolasi keturunan yang unggul. Biasanya perbaikan genetik tidak bisa dicapai hanya dalam satu siklus. Perbaikan genetik menjadi sangat nyata setelah 10 siklus seleksi dan rekombinasi. Efektivitas seleksi berkala bergantung kepada adanya keragaman genetik, frekuensi gen dalam populasi asal, dan heritabilitas sifat yang sedang diperbaiki. Seleksi berulang dapat dibedakan menjadi:

1. Seleksi massa: seleksi berdasarkan pengamatan secara visual individu tanaman tanpa evaluasi famili.
2. Seleksi barisan-satu-tongkol (*ear-to-row*): modifikasi seleksi massa dengan mengevaluasi famili saudara tiri.
3. Seleksi saudara kandung (*full-sib*): seleksi berdasarkan evaluasi famili hasil persilangan sejoli 1x2, 3x4, 5,6 dan seterusnya dan atau timbal baliknya (*reciprocal*).

4. Seleksi saudara tiri (*half-sib*): seleksi berdasarkan evaluasi hasil persilangan galur S0 atau S1 dengan varietas atau hibrida lain yang disebut penguji (*tester*).
5. Seleksi S1: seleksi berdasarkan evaluasi keturunan yang diperoleh dari satu kali persilangan-dalam (S1).
6. Seleksi S2: sama dengan seleksi S1, kecuali seleksi dilakukan berdasarkan evaluasi keturunan yang diperoleh dari dua kali persilangan dalam (S2).
7. Seleksi berulang timbal-balik: seleksi berdasarkan evaluasi hasil persilangan dua populasi, populasi yang satu digunakan sebagai tetua penguji populasi yang lain dan sebaliknya.
8. Seleksi saudara kandung timbal-balik: seleksi berdasarkan hasil evaluasi saudara kandung yang berasal dari persilangan dua populasi yang prolifrik, populasi yang satu digunakan sebagai tetua penguji populasi yang lain dan sebaliknya.

Tahapan Seleksi Berulang

Seleksi Massa

Tahap-tahapan seleksi ini pada dasarnya dapat dilukiskan sebagai berikut: Tanam 100 biji pada petak-petak kecil. Tanaman yang tidak diinginkan dibuang malainya sebelum menghasilkan tepung sari. Pemilihan dilakukan terhadap induk jantan dan betina, kemudian dilakukan perkawinan antara tanaman terpilih dengan membagi populasi menjadi dua grup. Tepung sari grup A untuk menyerbuki tanaman grup B sehingga terhindari kawin sendiri.

Seleksi massa hanya diperlukan satu musim karena tidak ada pembuatan persilangan, sehingga seleksi massa akan selesai dalam tiga generasi, sedangkan untuk daur seleksi lainnya baru selesai satu daur. Petani pada prinsipnya telah melakukan seleksi massa, yaitu memilih tanaman yang dikehendaki, biji dari tongkol terpilih dicampur untuk pertanaman berikutnya. Seorang petani di Malang melakukan pemilihan benih varietas Harapan untuk tanaman berikutnya. Setelah beberapa tahun ternyata hasilnya lebih tinggi dari hasil varietas Harapan yang asli, tetapi di lokasi lain hasilnya tidak lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi pada lingkungan spesifik dapat menghasilkan varietas yang khusus untuk lokasi tertentu.

Pada umumnya petani mempunyai lahan yang sempit sehingga benih yang diperlukan tidak banyak. Pada lahan 10 are diperlukan benih 2 kg, atau 20-40 tongkol. Kadang-kadang petani hanya menanam di pematang sawah pada musim hujan untuk benih musim kemarau. Untuk pertanaman ini hanya diperlukan 3-10 tongkol, dan persilangan tidak bebas lagi, sehingga terjadi perkawinan “sedarah”. Akibat yang ditimbulkan dari perkawinan

tersebut adalah beberapa lokus menjadi homozigot dan tanaman menjadi seragam. Tidak jarang ditemukan varietas yang seragam, terutama bentuk tongkol, warna biji, rambut, dan anther. Akibat perkawinan sedarah ini hasil akan menurun. Untuk menghindari persilangan sedarah pada seleksi berulang dipilih 15-20 famili dan tiap famili sedikitnya dibuat persilangan 19 tanaman per famili dari hasil persilangan dengan famili lain, sehingga terdapat 380 pasangan persilangan. Karakter tertentu akan terlihat karena adanya seleksi oleh petani dan jumlah tanaman sedikit seperti biji ungu, tahan terhadap hama penyakit setempat. Seleksi ini dapat terjadi karena keterlibatan tangan petani atau terjadi secara alamiah. Dengan demikian varietas lokal dapat menjadi sumber gen yang baik karena adanya seleksi yang terus menerus.

Seleksi Barisan-Satu-Tongkol (*ear to row*)

Tahapan seleksi barisan-satu-tongkol adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Sama seperti seleksi massa, ditanam populasi dasar materi seleksi, dibuat persilangan *half-sib*.
- Musim 2: Evaluasi famili saudara tiri dalam percobaan berulang, pilih 20-30 famili.
- Musim 3: Famili-famili terpilih disilangkan sesamanya (kawin acak) untuk membentuk famili saudara tiri baru sebagai bahan untuk dievaluasi pada daur berikutnya.

Seleksi Antargalur Saudara Kandung

Famili saudara kandung (*full sib*) dibentuk dengan membuat persilangan antara tanaman dalam populasi, sehingga tanaman yang berasal dari satu tongkol memiliki tetua jantan dan betina yang sama. Seleksi ini disebut seleksi saudara kandung. Tahapan seleksi pada dasarnya adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Dari tanaman populasi dasar dilakukan persilangan sejoli antara tanaman 1 x 2, 3 x 4, 5 x 6 dan seterusnya. Demikian juga persilangan timbal balik (2 x 1, 4 x 3, 6 x 5 dan seterusnya) untuk membentuk famili saudara kandung. Seleksi pertama dilakukan pada saat melakukan persilangan dan seleksi kedua pada saat panen.
- Musim 2: Sebanyak 100-300 famili saudara kandung dievaluasi pada percobaan berulang, dari famili terbaik dipilih 20-30 famili untuk direkombinasi.
- Musim 3: Dibuat persilangan antarfamili tersebut atau rekombinasi (*intercross*) untuk memperoleh populasi siklus 1 (C1). Rekombinasi dan pembentukan famili dapat disatukan sehingga mengurangi satu musim, sehingga satu daur (siklus) terdiri dari dua musim.

Seleksi Antargalur Saudara Tiri

Seleksi saudara tiri (*half sib*) dilakukan berdasarkan evaluasi terhadap hasil persilangan galur-galur S0 (populasi awal) atau S1 dengan tetua penguji berupa varietas atau galur lain. Kemampuan galur dinilai dari daya gabung dengan genotipe lain. Seleksi galur saudara tiri bertujuan untuk menyeleksi sifat-sifat yang dipengaruhi oleh gen-gen dengan dominasi yang berlebihan (*over dominance*). Dari populasi, dipilih tongkol tanaman yang dikehendaki. Tanaman-tanaman yang berasal dari satu tongkol adalah saudara tiri karena induknya sama tetapi tetua jantannya berbeda. Saudara tiri juga dapat dibuat melalui persilangan antara galur S1 dengan populasi asalnya. Seleksi pertama adalah seleksi baris per tongkol yang hanya memerlukan waktu dua musim untuk satu daur, sedang seleksi kedua memerlukan dua atau tiga musim. Apabila persilangan dengan populasi dasar dilakukan pada musim berikutnya maka diperlukan tiga musim untuk setiap satu daur seleksi. Varietas yang dibentuk menggunakan teknis seleksi saudara tiri contohnya adalah varietas Kalingga, Bisma, Lagaligo, Lamuru, dan Palaka.

Tahapan seleksi saudara tiri adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Dari tanaman populasi dasar dibuat *selfing* 300-600 tanaman S0. Seleksi dilakukan pada saat melaksanakan persilangan sendiri saat panen. Tongkol hasil persilangan sendiri ditanam terpisah.
- Musim 2: Tanam 300-600 galur S1 dalam petak skrining, sesuai tujuan pemuliaan. Buat persilangan antartanaman terpilih dari galur-galur S1 dengan tetua penguji. Panen tongkol hasil persilangan secara terpisah.
- Musim 3: Evaluasi 100-200 silang-uji menggunakan pengujian berulang, kemudian pilih 20-30 galur S1 untuk direkombinasi. Pada petak yang berlainan, disilang sendiri (*selfing*) galur-galur S1 untuk membentuk galur S2.
- Musim 4: Rekombinasi galur-galur terpilih dengan menggunakan biji galur S1 atau sisa benih silang uji untuk menghasilkan populasi siklus 1 (C1)

Seleksi S1

Seleksi S1 menggunakan galur S1, yaitu dengan membuat silang diri dari suatu populasi. Tepung sari yang digunakan untuk menyerbuki rambut tongkol berasal dari tanaman itu sendiri. Varietas yang dibentuk dari seleksi S1 antara lain adalah Rama, Kresna, dan Sukmaraga.

Tahapan prosedur seleksi berulang S1 adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Tanam 2.000 biji populasi dasar (C0). Lakukan persilangan sendiri (*selfing*) 300-600 tanaman S0. Seleksi pertama di antara tanaman

S0 dilakukan pada saat persilangan pada saat panen tongkol-tongkol S1 secara terpisah untuk pengujian.

- Musim 2: Evaluasi galur-galur S1 di dua lokasi atau lebih. Dari pengujian ini, pilih 20-30 galur S1 yang akan direkombinasi untuk membentuk populasi siklus 1 (C1).
- Musim 3: Rekombinasi semua galur S1 yang terpilih untuk membentuk populasi siklus 1 (C1). Ambil benih tiap tongkol dalam jumlah yang sama, kemudian dicampur (*bulk*).
- Musim 4-6: Ulang prosedur musim 1-3 untuk menghasilkan populasi siklus 2 (C2), dan demikian seterusnya.

Seleksi S2

Pada seleksi S2, dilakukan silang diri (*selfing*) galur S1 untuk mendapatkan galur S2. Tujuan pembentukan galur S2 adalah membuang individu-individu galur S1 yang peka terhadap hama dan penyakit utama, sebelum melakukan pengujian galur-galur S2. Materi yang dievaluasi adalah galur-galur S2 sehingga diperlukan empat musim per daur seleksi. Tahapannya adalah pembuatan galur S1 dan galur S2, evaluasi galur-galur S2 dan rekombinasi galur S2, terpilih untuk membentuk populasi siklus 1 (C1).

Seleksi Berulang Timbal Balik (*Reciprocal Recurrent Selection*)

Kemajuan seleksi pada jagung menggunakan seleksi berulang timbal balik (berbalasan) cukup baik. Moli dan Hanson (1984) melakukan seleksi berulang berbalasan antara populasi Jarvis dan Indian Chief selama 10 daur dan meningkatkan hasil 24,3% pada Jarvis dan 20,3% pada persilangan Jarvis x Indian Chief. Sebaliknya untuk populasi pasangannya, Indian Chief, terjadi penurunan hasil 9,3%. Jarvis yang semula hasilnya lebih rendah dari Indian Chief, setelah 10 daur seleksi menjadi lebih tinggi. Keertanijakal dan Lamkey (1993) melakukan seleksi berulang berbalasan antara populasi Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS ®) dan Iowa Corn Borer Synthetic M1 (BSCB1 ®) selama 11 daur dan meningkatkan hasil 6,95% (atau 0,28 t/ha) per daur pada persilangan antara kedua populasi. Hasil BSCB ® juga meningkat 1,94% (atau 0,06 t/ha) per daur, sedangkan hasil BSSS ® tidak berubah. Heterosis nilai tengah tetua meningkat dari 25% pada Co) menjadi 76% pada C11. Hasil kedua populasi tersebut pada daur ketujuh meningkat 15,5% untuk BSSS, 5,1% untuk BSCB1, dan heterosis untuk hasil biji kedua kelompok pasangan populasi pada daur keenam dan kedelapan disajikan pada Tabel 1.

Seleksi berulang berbalasan antara populasi *dent composite* dan *flint composite* selama tiga daur meningkatkan hasil 3,5% per daur pada persilangan antara kedua populasi. Peningkatan hasil pada persilangan antara populasi RSSSC dan RBS 10 selama enam daur mencapai 51%. Dalam

Tabel 1. Ukuran petak dan jarak tanam untuk mendapatkan populasi 53.000 tanaman/ha dengan 22 tanaman per baris.

Jarak antarbaris (cm)	Satu tanaman/lubang		Dua tanaman/lubang	
	Jarak dalam baris (cm)	Panjang baris (m)	Jarak dalam baris (cm)	Panjang baris (m)
65	29	6,09	58	5,8
70	27	5,67	54	5,4
75	25	5,25	50	5,0
80	24	5,04	48	4,8
85	22	4,62	44	4,4
90	21	4,41	42	4,2
95	20	4,20	40	4,0
100	19	3,99	38	3,8

Sumber: CIMMYT (1986).

satu daur seleksi berulang timbal balik diperlukan tiga musim tanam atau generasi untuk (1) pembentukan galur S1 (silang sendiri) dan silang puncak dari masing-masing populasi, (2) evaluasi silang puncak, dan (3) rekombinasi galur-galur terpilih.

Tahapan seleksi berulang timbal balik pada dasarnya adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Persilangan sendiri tanaman populasi dasar untuk mendapatkan galur S1 pada kedua populasi (A dan B). Panen tongkol hasil persilangan sendiri secara terpisah.
- Musim 2: Persilangan galur S1 yang diinginkan dari populasi A x B dan sebaliknya. Seleksi pertama dilakukan pada saat melakukan persilangan dan seleksi kedua pada saat panen.
- Musim 3: Evaluasi 100-300 silang puncak dalam percobaan berulang, pilih 20-30 famili S1 untuk direkombinasi.
- Musim 4: Rekombinasi galur famili S1 terpilih untuk memperoleh populasi siklus 1 (C1).

Di Indonesia telah dicoba teknik seleksi ini. Populasi yang digunakan dalam seleksi berulang timbal balik adalah pasangan Malang Sintetik J1 dengan J2 versi umur dalam, dan pasangan Malang Sintetik K1 dengan K2 versi umur genjah, dengan kriteria sebagai berikut (Dahlan *et al.* 1996):

1. Malang Sintetik J1: tersusun atas 13 galur S0 yang berasal dari populasi atau varietas Malang Komposit 9, Kalingga, Wiyasa, Harapan, Rama, Muneng Sintetik 3, Populasi 27, dan Populasi 28. Galur-galur penyusun mempunyai daya gabung umum baik dengan GM15, biji berwarna kuning, dan tipe biji mutiara. Umur varietas sekitar 100 hari.

2. Malang Sintetik J2: tersusun atas 20 galur S3 dan S4 yang berasal dari populasi atau varietas Genteng Kuning, Populasi 24, Suwan 3, Populasi 28. Galur-galur penyusun ini mempunyai biji berwarna kuning, tipe biji gigi kuda, dan daya gabungannya baik dengan Suwan 1. Sintetik ini berumur sekitar 100 hari.
3. Malang Sintetik K1: tersusun atas 24 galur S0 yang berasal dari populasi atau varietas Malang Komposit (MK) A, MK.F, Acer, Populasi 31, Pool 1, dan Pool 2 yang daya gabungannya baik dengan Suwan 2. Warna biji kuning dan tipe biji mutiara. Umur varietas sekitar 90 hari.
4. Malang Sintetik K2: tersusun atas 20 galur S3 yang berasal dari populasi Suwan 2. Galur-galur penyusun ini mempunyai biji berwarna kuning, tipe biji gigi kuda, dan daya gabungannya baik dengan GM 15. Sintetik ini berumur sekitar 90 hari.

Prosedur seleksi yang digunakan untuk meningkatkan heterosis kedua pasang populasi adalah melalui modifikasi seleksi berulang timbal balik, yaitu satu daur terdiri dari empat musim tanam atau generasi. Dalam satu tahun hanya dapat ditanam tiga kali dengan tahapan seleksi : (1) pembentukan galur S1 (silang sendiri), (2) pembentukan silang puncak galur S1 menggunakan penguji populasi pasangannya, (3) evaluasi silang puncak, dan (4) rekombinasi galur-galur terpilih.

Malang Sintetik (MS) J1 berpasangan dengan MS J2, sedangkan MS K1 berpasangan dengan MS K2. Galur dari populasi J1 dievaluasi daya gabungannya dengan populasi J2. Sebaliknya, galur dari J2 dievaluasi dengan populasi J1. Galur-galur yang daya gabungannya baik digunakan untuk membuat populasi baru. Dengan cara ini akan terjadi akumulasi gen-gen baik yang saling mengisi kedua populasi tersebut. Seleksi dapat meningkatkan heterosis antara kedua populasi. Prosedur seleksi adalah sebagai berikut:

Tahun 1:

Musim 1: Seleksi daur ke-1

- Pembuatan silang sendiri populasi asal (daur ke-0 atau C0) untuk mendapatkan galur S1.

Musim 2:

- Penyaringan galur S1 (C0) terhadap hama/penyakit dan silang sendiri tanaman tahan untuk mendapat galur S2 (C0).
- Pembuatan silang puncak menggunakan galur S1 (C0) dengan populasi pasangannya.

Musim 3:

- Evaluasi silang puncak (empat populasi)
- Silang sendiri galur S2 untuk memperoleh galur S3

Tahun 2:

Musim 4: Lanjutan seleksi daur ke-1

- Rekombinasi galur S2 superior untuk mendapatkan populasi baru daur ke-1 (seleksi daur ke-1)
- Silang sendiri galur S3 untuk memperoleh galur S4.

Musim 1: Seleksi daur ke-2.

- Pembuatan silang sendiri populasi baru daur ke-1 untuk memperoleh galur S1.
- Pembuatan silang tunggal secara faktorial menggunakan galur S4.

Musim 2:

- Evaluasi galur S1 populasi daur ke-1 dan silang sendiri untuk memperoleh galur S2.
- Pembuatan silang puncak menggunakan galur S1.
- Evaluasi silang tunggal faktorial.

Tahun 3:

Musim 3: Lanjutan seleksi daur ke-2

- Evaluasi silang puncak
- Silang sendiri galur S2 untuk memperoleh galur S3
- Pembentukan hibrida silang tiga jalur

Musim 4:

- Rekombinasi galur S2 superior untuk mendapatkan populasi baru daur ke-2 (selesai daur ke-2).
- Pembuatan silang sendiri galur S3 untuk memperoleh galur S4.
- Evaluasi pendahuluan hibrida silang tiga jalur.

Musim 5: Seleksi daur ke-3

- Evaluasi lanjutan hibrida silang tiga jalur.

Uji silang (silang puncak) dilakukan pada galur S1 dan pada tahap ini dilakukan seleksi galur. Hanya galur yang mempunyai karakter yang diinginkan yang diteruskan pada evaluasi silang puncak. Ketahanan terhadap penyakit utama dapat ditingkatkan dengan mengevaluasi ketahanan galur S1 dan tanaman silang puncaknya sendiri. Rekombinasi dilakukan menggunakan tanaman pada galur yang tahan penyakit tersebut. Ketahanan terhadap kekeringan berkorelasi dengan interval antara keluar rambut tongkol dan keluar tepungsari, makin pendek interval berbunga makin toleran terhadap kekeringan. Selain itu, genotipe yang toleran populasi tinggi juga tahan terhadap kekeringan.

Selama silang sendiri dapat diidentifikasi galur-galur yang membawa gen-gen yang diinginkan. Dari 20 galur S2 yang terpilih dibuat persilangan sesamanya (*intercross*) untuk membuat populasi baru dan dari 10 galur S2 yang baik dibuat calon varietas atau dibuat hibrida dengan galur dari populasi pasangannya.

Hasil penelitian menunjukkan heterosis dari empat lokasi antara K1 C0 dengan K2 C0 rata-rata 28% dan antara J1 C0 dengan J2 C0 rata-rata 0,5%. Setelah satu daur seleksi berulang berbalasan terjadi rerata heterosis dari empat lokasi antara K1 C1 dengan K2 C1 rata-rata 0,7% dan antara J1 C1 dengan J2 C1 rata-rata 8,9%. Kemajuan karena seleksi yaitu kenaikan hasil biji setelah satu daur seleksi untuk silang tunggal populasi K1 C1 x K2 C1 dan J1 C1 x J2 C1, masing-masing 1,0% dan 4,7%. Kemajuan langsung seleksi berulang berbalasan dapat dilihat dari kenaikan heterosis dan kenaikan hasil silang populasinya. Kemajuan tidak langsung adalah kenaikan hasil dari populasi itu sendiri. Tujuan utama seleksi berulang berbalasan adalah meningkatkan hasil hibrida yang diperoleh dari populasi yang diperbaiki. Pengaruh langsung akibat satu daur seleksi berulang berbalasan pada pasangan populasi J1 dan J2 lebih besar daripada pasangan K1 dan K2, berupa peningkatan hasil (kemajuan seleksi) silang populasi J1 x J2 vs K1 x K2 sebesar 4,7% vs 1,0%; dan kenaikan heterosis sebesar 8,4% vs -27,5%. Pengaruh tidak langsung pada populasi K1 dan K2 lebih besar dibanding J1 dan J2, yaitu berupa peningkatan hasil dari tiap populasi dari daur ke-0 (populasi asal) ke populasi daur ke-1 masing-masing 12,7% dan 48,5% vs 7,9% dan 1,6% (Dahlan *et al.* 1996).

Seleksi Saudara Kandung Timbal-Balik (*Reciprocal Full-Sib Selection*)

Tahapan seleksi ini adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Persilangan sendiri tanaman bertongkol ganda (dua) pada tongkol kedua untuk mendapatkan galur S1 dan tongkol pertama diserbuki dari tanaman populasi lain untuk menghasilkan famili saudara kandung, pada kedua populasi (A dan B).
- Musim 2: Evaluasi 100-300 famili saudara kandung dalam petak berulang, pilih 20-30 famili S1 untuk direkombinasi.
- Musim 3: Rekombinasi famili S1 terpilih untuk memperoleh populasi siklus 1 (C1).

Prosedur selanjutnya sama dengan prosedur seleksi lainnya.

PERAKITAN VARIETAS SINTETIK DAN KOMPOSIT

Varietas jagung bersari bebas dapat berupa varietas sintetik maupun komposit. Varietas sintetik dibentuk dari beberapa galur inbrida yang memiliki daya gabung umum yang baik, sedangkan varietas komposit dibentuk dari galur inbrida, varietas bersari bebas, dan hibrida. Dalam pembentukan varietas bersari bebas yang perlu diperhatikan adalah populasi dasar yang akan diperbaiki dan metode yang digunakan dalam perbaikan populasi tersebut. Varietas sintetik adalah populasi bersari bebas yang berasal dari silang sesamanya (*intercross*) antargalur inbrida, yang diikuti oleh perbaikan melalui seleksi. Pembentukan varietas sintetik diawali dengan pengujian silang puncak (persilangan galur dengan penguji) untuk menguji galur, terutama untuk menentukan daya gabung umum galur-galur yang jumlahnya banyak. Oleh karena itu varietas sintetik merupakan hasil sementara dari program pembentukan hibrida.

Silang puncak dapat dibuat di dalam petak terisolasi, di mana semua bunga jantan dari galur-galur yang akan diuji dicabut dan penguji berfungsi sebagai induk jantan. Jenis penguji yang dipakai bergantung pada evaluasi yang diinginkan, yaitu untuk daya gabung umum (DGU) atau daya gabung khusus (DGK). Nilai daya gabung memberi informasi tentang galur-galur yang dapat membentuk hibrida-hibrida yang baik, bila disilangkan dengan galur yang lain.

Galur-galur yang daya gabungnya baik juga dapat digunakan dalam perakitan varietas sintetik. Produksi benih varietas sintetik lebih mudah dan petani dapat menggunakan benih dari hasil pertanamannya sendiri. Untuk varietas hibrida, petani harus membeli benih setiap kali tanam, sehingga menambah biaya produksi.

Hasil biji varietas sintetik diduga berdasarkan formula: $Y_2 = Y_1 - (Y_1 - Y_0)/n$, di mana: Y_2 = rata-rata varietas sintetik yang didapat dari kawin acak (*intercross*) semua silang tunggal dari n galur murni; Y_1 = rata-rata nilai semua silang tunggal dari n galur murni; dan Y_0 = rata-rata nilai dari n tetua (galur murni).

Varietas komposit dibentuk dari galur, populasi, dan atau varietas yang tidak dilakukan uji daya gabung terlebih dahulu. Sebagian bahan untuk pembentukan komposit berasal dari galur dan varietas. Varietas atau hibrida dapat dimasukkan ke dalam komposit yang telah ada. Tahapan pembentukan komposit adalah sebagai berikut: (a) masing-masing bahan penyusun digunakan sebagai induk betina, (b) induk jantannya campuran dari sebagian atau seluruh bahan penyusun, dan (c) diadakan seleksi dari generasi ke generasi.

Tanaman jagung termasuk tanaman menyerbuk silang dan peluang menyerbuk sendiri kurang dari 5%, sehingga tanaman mendapat serbuk sari dari tanaman jagung yang ada di sekitarnya. Tepung sari dapat diterbangkan sampai ratusan meter, bergantung pada kecepatan angin. Karakteristik ini membuka peluang bagi tanaman jagung untuk dapat membentuk komposit atau sintetis dari plasma nutfah terpilih. Varietas Arjuna yang berasal dari Thai Composite Early DMR merupakan campuran dari 37 plasma nutfah yang tersebar dari beberapa kontinen. Bogor Pool 4 merupakan komposit dari plasma nutfah umur dalam yang disilangkan dengan Suwan 1. Bogor Pool 4 adalah sumber populasi dari varietas Kalingga dan Bisma. Plasma nutfah bahan penyusun komposit mempunyai karakter yang berbeda dalam banyak hal, seperti warna rambut (merah, pink, dan putih). Demikian pula warna anther, sehingga dapat dimengerti bahwa varietas komposit nampak tidak seragam. Varietas sintetis dibentuk dari beberapa galur. Varietas Lamuru dan Palaka, misalnya dibentuk dari 20 galur yang berasal dari Malang Sintetik J2 (MSJ2). Sintetik MSJ2 dibuat dari galur-galur GM 4, 11, 12, 15, dan tiga galur dari Genteng Kuning, lima galur dari Suwan-1, dan delapan galur dari Suwan-3. Dengan demikian dapat dimengerti kalau varietas Lamuru dan Palaka memilih warna rambut dan anther yang bermacam-macam. Demikian pula gen-gen yang menentukan hasil atau karakter lainnya. Jagung komposit dan sintetis dapat digunakan sebagai populasi dasar dalam pembentukan varietas baru. Keragaman jagung komposit genetik lebih luas daripada jagung sintetis.

Dalam kegiatan sertifikasi terhadap varietas sintetis dan komposit, sifat-sifat kualitatif seperti warna rambut atau warna bunga jantan tidak dapat dipakai sebagai kriteria kemurnian varietas, karena segregasi yang menunjukkan warna lain akan terus terjadi, walaupun telah dimurnikan. Petugas inspeksi benih perlu memahami bahwa komposisi genetik varietas sintetis dan komposit adalah heterozigot dengan frekuensi gen-gen tertentu yang ditingkatkan. Oleh karena itu, segregasi akan terjadi, dan itu bukan berarti terdapat campuran (cvl).

Tahapan pembentukan varietas baru jagung sintetis adalah sebagai berikut:

- Pilih galur inbrida yang memberikan penampilan baik. Jumlah inbrida yang dipilih sedikitnya 10 galur. varietas sintetis juga dapat dibentuk dari rekombinasi hibrida yang baik.
- Sebagai contoh, varietas Maros Sintetik-3 dibentuk dari BARI Hybrid Maize 3, NSX 982013, NSX 022026, NTX 032001, KSX 4452, KSX 4505, KSX 4507, KSX 4601, NT 6621 (Syngenta), LCH 9, Semar 10, dan Bima 1.
- Hibrida yang berasal dari Bangladesh dan Vietnam rentan terhadap penyakit bulai, tetapi potensi hasilnya tinggi. Semar 10 dan Bima-1 terbentuk dari galur yang sama, tetapi berbeda komposisi gennya.

- Dari masing-masing hibrida diambil 50 biji untuk ditanam satu baris dengan 25 lubang tanam. Benih digunakan sebagai tetua betina.
- Diambil lagi 25 biji dan campur menjadi satu dari semua hibrida ditanam untuk digunakan sebagai tanaman tetua jantan.
- Tanam dengan perbandingan satu tetua jantan dan dua tetua betina, sehingga ada 14 baris tetua betina dan sedikitnya tujuh baris tetua jantan. Malai tetua betina dicabut sebelum menghasilkan tepungsari.
- Tanaman dari bahan persilangan tersebut harus terpisah/terisolasi dari tanaman jagung lain, di rumah kawat, dibuat dua baris tiap tetua betina, dengan tetap memperhatikan rasio jantan : betina = 1:2. Tidak perlu harus 25 lubang tanam, sedikitnya 10 lubang tanam.
- Panen tetua betina dan biji diambil dalam jumlah yang sama dari masing-masing tanaman tetua betina untuk pertanaman berikutnya. Sintetik ini dapat digunakan sebagai sumber galur.
- Varietas Maros Sintetik-4 dibentuk dari galur yang daya gabungannya baik dengan GM 27, Maros Sintetik-5 dari galur yang daya gabungannya baik dengan Mr-4, dan Maros Sintetik-6 dari galur yang daya gabungannya baik dengan Mr-14.

EVALUASI KETURUNAN

Kemajuan seleksi bergantung pada kualitas genotipe populasi dasar dan keragaman genetik populasi awal yang kita gunakan dalam seleksi dan famili yang digunakan untuk evaluasi. Namun, yang juga ikut menentukan adalah bagaimana evaluasi famili dilakukan. Percobaan harus baik, lahan dalam satu ulangan seragam, jumlah tanaman dalam satu petak memadai, pengamatan dan pengukuran dilakukan baik. Adanya perbedaan tanaman antarpetak akan menyulitkan pada saat memilih famili untuk pembentukan populasi baru. Evaluasi yang tidak baik tidak akan memberikan hasil seperti yang diharapkan. Percobaan yang tidak baik memberikan koefisien keragaman yang tinggi sehingga sulit membedakan galur yang baik dengan yang kurang baik.

Dalam seleksi berulang pada perbaikan populasi perlu dilakukan evaluasi progeni (famili) untuk mengetahui potensi setiap famili. Dari setiap populasi diuji 196 hingga 256 famili, termasuk enam varietas pembanding. Entri tersebut ditanam menggunakan rancangan latis sederhana 16 x 16 (untuk 256 famili) dengan dua ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 16 blok dan setiap blok terdiri atas 16 petak. Apabila setiap petak terdiri atas baris tunggal, maka setiap blok terdiri atas 16 baris. Nomor plot diurut dari nomor kecil ke nomor besar membentuk spiral.

Ukuran petak 5 m x 0,75 m dengan dua tanaman/lubang untuk mendapatkan populasi sebanyak 53.000 tanaman/ha. Setiap baris terdiri atas 11 lubang.

UJI ADAPTASI GENOTIPE HASIL PERBAIKAN POPULASI

Lingkungan uji yang berbeda antar daerah dapat mengakibatkan adanya interaksi genotipe dengan lingkungan. Untuk daerah yang sangat spesifik dilakukan seleksi setempat, sehingga varietas yang dihasilkan akan adaptif terhadap lingkungan tersebut. Genotipe jagung yang dihasilkan dari perbaikan populasi adalah yang memperlihatkan hasil tinggi, penampilan tanaman baik, memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, toleran terhadap cekaman lingkungan (kekeringan, kemasaman tanah, keracunan Al). Genotipe ini perlu diuji lebih lanjut pada beberapa lokasi dan musim, yakni di daerah-daerah pertanaman jagung yang mempunyai agroklimat sejenis untuk mengetahui tanggapannya pada terhadap berbagai lingkungan. Adanya interaksi genetopie dengan lingkungan akan memperkecil kemajuan seleksi (Hallauer and Miranda 1981).

Evaluasi genotipe hasil seleksi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu evaluasi daya hasil pendahuluan, lanjutan, dan multilokasi. Pada tahap awal, jumlah genotipe banyak dan lokasi terbatas, hanya genotipe yang termasuk peringkat atas yang dilanjutkan. Pada uji multilokasi, jumlah genotipe sedikit dan lingkungannya banyak. Dari penelitian multilokasi dapat diidentifikasi populasi atau genotipe yang stabil, sehingga dapat diketahui faktor lingkungan yang berpengaruh dan dapat diidentifikasi adaptasi suatu genotipe dengan lingkungan atau dapat dibuat karakterisasi daerah produksi jagung. Genotipe-genotipe harapan hasil uji multilokasi (minimum 16 lokasi) dapat diusulkan kepada Tim Pelepasan Varietas untuk dilepas sebagai varietas unggul baru. Varietas-varietas jagung bersari bebas Badan Litbang Pertanian yang dilepas dalam periode 2000-2004 disajikan pada Tabel 2.

Pengamatan yang dilakukan dalam uji multilokasi pada setiap petakan adalah:

- Jumlah tanaman (*plant stand*), umur 14 HST, sebelum penjarangan.
- Jumlah tanaman terinfeksi bulai, umur 30 HST.
- Tingkat penularan penyakit lain (penyakit karat dan bercak daun)
- Tingkat penularan hama (terutama penggerek dan lalat bibit)
- Umur berbunga jantan (yaitu saat keluar bunga jantan > 50%)
- Umur berbunga betina (yaitu keluar rambut > 50%)
- Tinggi tanaman
- Tinggi tongkol
- Jumlah tanaman rebah batang

Tabel 2. Varietas unggul jagung bersari bebas yang dilepas sejak lima tahun terakhir oleh Balitsereal, Maros.

Varietas jagung bersari bebas	Tahun dilepas	Populasi asal	Potensi hasil (t/ha)	Umur panen (hari)	Keunggulan spesifik
Gumarang	2000	MS.K2(RRS)C2	8,00	82	Umur genjah
Kresna	2000	AC(FS)C7	7,00	90	
Lamuru	2000	MS.J2(RRS)C2	7,60	95	Toleran kekeringan
Palakka	2002	MS.J2(RRS)C1	8,00	95	
Sukmaraga	2003	AMTL + var. Lokal	8,50	105	Toleran lahan masam
Srikandi Kuning-1	2004	S99TLYQ-AB	7,92	110	Kadar lisin dan triptofan tinggi
Srikandi Putih-1	2004	S98TLWQ(F/D)	8,09	110	Kadar lisin dan triptofan tinggi

- Jumlah tanaman rebah akar
- Penutupan kelobot
- Jumlah tanaman saat dipanen
- Jumlah tongkol dipanen
- Jumlah tongkol busuk
- Bobot tongkol kupasan basah
- Kadar air saat panen (menggunakan *seed moisture tester*)

MEMPERTAHANKAN KEMURNIAN VARIETAS JAGUNG BERSARI BEBAS

Pemulia harus mempertahankan komposisi genetik benih inti yang akan digunakan untuk produksi benih penjenis (BS). Benih penjenis secara genetik harus murni, tidak ada campuran varietas lain. Penentuan kemurnian melalui beberapa tahap, yaitu observasi lahan untuk pertanaman benih, observasi tanaman di lapangan, waktu berbunga, jarak isolasi dari varietas lain yang ditanam bersamaan. Menentukan biji varietas lain pada varietas bersari bebas relatif sulit dilakukan, karena varietas komposit dibentuk dari bermacam-macam plasma nutfah. Mungkin bijinya campuran tipe mutiara dan semi mutiara, dan kadang-kadang campuran tipe semi gigi kuda. Warna biji jingga, kuning, kuning muda. Observasi di lapang lebih mudah menentukan tanaman tipe yang menyimpang, terutama tinggi tanaman, ketahanan terhadap hama dan penyakit, dan ketegapan tanaman.

Perbanyak benih inti untuk memproduksi benih penjenis varietas bersari bebas tidak boleh kurang dari 200 tanaman yang dapat dipanen, ditanam pada tanah bukan bekas tanaman jagung, tidak ada tanaman yang berbunga bersamaan pada jarak 500 m, tidak ada tanaman tipe yang

menyimpang yang sampai memproduksi tepungsari. Dengan persyaratan ini maka pertanaman tidak luas, hanya 250-500 tanaman, dan setiap tanaman harus diobservasi, terutama pada waktu berbunga. Pada fase pertumbuhan masih mudah dilihat tanaman dengan tipe menyimpang untuk dibuang.

Warna rambut tongkol sering menjadi masalah dalam pemeriksaan benih dari tongkol dengan warna rambut yang macam-macam sering dianggap tidak murni, demikian pula tipe biji dan bentuk tongkol. Sebagai contoh, dalam populasi terdapat 36% tanaman yang warna rambut tongkolnya putih, sedang tanaman lainnya memiliki rambut tongkol berwarna merah dan merah muda. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi tanaman dengan rambut putih adalah 0,36. Apabila warna rambut ditentukan oleh gen A dan a (yang sebenarnya ditentukan oleh banyak gen), maka gen A dominan terhadap a dan AA berwarna merah, Aa merah muda, dan aa putih. Maka frekuensi alel a adalah 0,6 (akar kuadrat dari 0,36) dan alel A 0,4. Secara teoritis, dalam populasi terdapat warna rambut merah 16%, merah muda 48% dan putih 36%. Distribusi gen ini mengikuti sebaran binomial, sehingga ragamnya (varian) ialah 0,24 (perkalian 0,6 dengan 0,4). Apabila ada 100 tanaman ragamnya (σ^2) menjadi 24, sehingga salah baku (*standard error*) adalah 4,9, dibulatkan menjadi 5 (akar kuadrat dari 24). Tanaman dengan rambut putih berkisar antara 31-41 tanaman dan tidak dapat dimurnikan.

Untuk menjaga kemurnian dapat dilakukan dengan membuat persilangan antara tanaman dalam populasi. Hanya tanaman yang tidak termasuk tipe menyimpang yang dibuat persilangan. Satu tanaman hanya dapat sekali dalam pembuat persilangan. Untuk menjaga agar tidak ada perubahan karakter jumlah tongkol yang diperoleh maka persilangan minimal 100 pasang. Jumlah tanaman yang sedikit akan memperbesar koefisien silang dalam karena peluang gen dalam satu lokus berasal dari gen yang sama. Jadi ada kemungkinan jumlah tanaman yang berambut putih akan kurang dari 31 atau lebih dari 41.

DAFTAR PUSTAKA

- CIMMYT. 1986. Maize program special report. Mexico, D. F.
- Dahlan, M.M. dan S. Slamet. 1992. Pemuliaan tanaman jagung. p. 17-38. *Dalam: A. Kasno, M. Dahlan, dan Hasnam. Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman I. PPTI Jawa Timur.* p. 439.
- Dahlan, M.M., S. Slamet, M.J. Mejaya, Mudjiono, J.A. Bety, dan F. Kasim. 1996. Peningkatan heterosis populasi jagung untuk pembentukan varietas hibrida. Balitjas. Maros. p. 50.

- Hallauer, A. R. and J.B. Miranda Fo. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Keertanijakal, V. and K.R. Lamkey. 1993. Responses to reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. *Crop Sci.* 33: 73-77.
- Moli, R.H. and W.D. Hanson. 1984. Comparison of effects of intrapopulation vs interpopulation selection in maize. *Crop Sci.* 24: 1047-52.
- Nugraha, U.S., A. Hasanuddin, dan Subandi. 2002. Perkembangan teknologi budi daya dan industri benih jagung. *Dalam: Kasryno et al. (Eds.) Ekonomi Jagung Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan. p. 37-72.
- Pingali, P. 2001. World Maize Facts and Trends. Meeting World Maize Needs: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector 1999/2000. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Subandi, M. Ibrahim, dan A. Blumenshein. 1988. Koordinasi Program Penelitian Nasional: Jagung. Puslitbangtan, Bogor.
- Sumarno. 2003. Pemuliaan tanaman menembus platou potensi genetik. Makalah disampaikan pada Lokakarya Manajemen Mutu Penelitian Pemuliaan Tanaman. Pacet, 8-12 september 2003.



Pembentukan Varietas Jagung Hibrida

Andi Takdir M., Sri Sunarti, dan Made J. Mejaya
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Tanaman jagung mempunyai komposisi genetik yang sangat dinamis karena cara penyerbukan bunganya menyilang. Fiksasi gen-gen unggul (*favorable genes*) pada genotipe yang homozigot justru akan berakibat depresi *inbreeding* yang menghasilkan tanaman kerdil dan daya hasilnya rendah. Tanaman yang vigor, tumbuh cepat, subur, dan hasilnya tinggi justru diperoleh dari tanaman yang komposisi genetiknya heterozigot.

Shull (1908) yang pertama kali menemukan bahwa silangan sendiri tanaman jagung mengakibatkan terjadinya depresi *inbreeding*, dan silangan dua tetua yang homozigot menghasilkan F1 yang sangat vigor. Jones (1918) melanjutkan penelitian tentang adanya gejala lebih vigor tanaman F1 jagung tersebut, yang selanjutnya memanfaatkannya pada bentuk varietas hibrida tanaman jagung. Pemanfaatan varietas jagung hibrida di Amerika Serikat dimulai pada tahun 1930an, dan sejak awal tahun 1960an seluruh areal pertanaman jagung di Amerika Serikat telah menggunakan benih hibrida.

Varietas hibrida merupakan generasi pertama hasil persilangan antara tetua berupa galur inbrida. Varietas hibrida dapat dibentuk pada tanaman menyerbuk sendiri maupun menyerbuk silang. Jagung merupakan tanaman pertama yang dibentuk menghasilkan varietas hibrida secara komersial, dan telah berkembang di Amerika Serikat sejak 1930an (Hallauer and Miranda 1987). Kini benih jagung hibrida telah ditanam di sebagian besar areal jagung di dunia.

Jagung hibrida di Indonesia mulai diteliti pada tahun 1913, dan dilanjutkan pada tahun 1950an. Galur diekstrak dari varietas lokal dan introduksi berumur genjah berdaya hasil masih rendah tetapi hasil hibridanya mencapai dua kali lebih tinggi dari hasil galur murninya. Pada tahun 1960an, Dr. Subandi (pemulia jagung Badan Litbang Pertanian) mengembangkan galur dari beberapa sumber plasma nutfah dan mengevaluasi daya gabung galur dengan tetua penguji varietas Harapan, namun tidak dilanjutkan sampai memperoleh varietas hibrida. Galur-galur yang daya gabungannya baik dibentuk menjadi varietas sintetik dan menghasilkan varietas Permadi. Pada awal tahun 1980an, perusahaan swasta multinasional mulai mengevaluasi jagung hibrida di Indonesia. Dr. Marsum M. Dahlan, pemulia jagung Badan Litbang Pertanian, mulai melakukan penelitian jagung hibrida pada awal tahun 1980an dan penelitian diintensifkan sejak 1987.

Varietas jagung hibrida di Indonesia pertama kali dilepas pada tahun 1983 yang dihasilkan oleh PT BISI, yaitu varietas C-1 yang merupakan hibrida silang puncak (*topcross hybrid*), yaitu persilangan antara populasi bersari bebas dengan silang tunggal dari Cargill. Selanjutnya pada tahun 1980an PT BISI melepas CPI-1, Pioneer melepas hibrida P-1 dan P-2, dan IPB melepas hibrida IPB-4. Pada awalnya hibrida yang dilepas di Indonesia adalah hibrida silang ganda atau *double cross hybrid*, namun sekarang lebih banyak hibrida silang tunggal dan modifikasi silang tunggal. Hibrida silang tunggal mempunyai potensi hasil yang tinggi dengan fenotipe tanaman lebih seragam daripada hibrida silang ganda atau silang puncak.

Benih jagung hibrida yang dikembangkan petani mampu memberi hasil 6-7 t/ha. Hal ini berarti peningkatan produksi jagung di Indonesia lebih banyak ditentukan oleh peningkatan produktivitas daripada perluasan areal tanam. Sejak tahun 1995 penanaman varietas jagung hibrida di Indonesia mengalami perkembangan pesat. Hingga tahun 2006 terdapat enam perusahaan benih jagung hibrida swasta dan BUMN, yaitu PT Sang Hyang Seri (BUMN), PT Pertani, PT BISI, PT Pioneer, PT Monagro Kimia, dan Syngenta. Badan Litbang Pertanian maupun perusahaan benih swasta telah melepas varietas jagung hibrida dengan potensi hasil 9,0-10,0 t/ha. Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) pada awal tahun 2007 telah melepas dua varietas jagung hibrida silang tunggal, yaitu Bima-2 Bantimurung dan Bima-3 Bantimurung, masing-masing mampu berproduksi 11 t dan 10 t/ha pipilan kering, toleran terhadap penyakit bulai, dan dapat beradaptasi pada lahan optimal maupun suboptimal (Deptan 2007a; Deptan 2007b).

Areal pertanaman varietas jagung hibrida hingga tahun 2005 masih didominasi oleh hibrida yang dihasilkan oleh perusahaan multinasional. Varietas yang populer adalah BISI, Pioneer, dan NK. Salah satu perusahaan benih nasional, PT Sang Hyang Seri, pada tahun 1991 mampu memproduksi benih jagung hibrida sebanyak 279 ton dengan volume penjualan 255 ton dan pada tahun 2002 mengalami peningkatan produksi mencapai 500 ton dan terserap semua oleh petani. Empat perusahaan benih berskala besar pada tahun 2000 memiliki kapasitas produksi sebesar 2.985 ton dan diharapkan akan terus meningkat. Penyebaran penggunaan varietas jagung pada tahun 2002 adalah 28% hibrida, 47% komposit unggul, dan 25% komposit lokal (Damardjati *et al.* 2005).

Untuk mewujudkan Indonesia sebagai produsen jagung yang tangguh dan mandiri, strategi kebijakan diutamakan pada peningkatan produktivitas dengan memperluas penggunaan benih bermutu di tingkat petani yang direalisasikan melalui program pengembangan jagung komposit dan hibrida. Pada tahun 2010 penggunaan benih jagung hibrida diproyeksikan 50% dan pada tahun 2025 sebesar 75%. Dukungan juga diberikan kepada

upaya pembentukan varietas hibrida melalui penelitian bioteknologi, kebijakan harga, dan stabilisasi harga jagung dalam negeri.

SUMBER GENETIK

Pada awal penggunaan jagung hibrida, varietas yang dilepas adalah hibrida silang puncak ganda, namun sekarang lebih banyak hibrida silang tunggal. Pembentukan galur inbrida berasal dari materi populasi dasar berupa varietas bersari bebas, hibrida, varietas lokal, dan plasma nutfah introduksi.

Keragaman genetik plasma nutfah berperan penting dalam program pemuliaan. Paliwal (2000) menyatakan bahwa faktor terpenting dalam pembentukan hibrida adalah pemilihan plasma nutfah pembentuk populasi dasar yang akan menentukan tersedianya tetua unggul. Tetua yang berasal dari plasma nutfah superior dengan karakter agronomi ideal akan menghasilkan galur yang memiliki daya gabung umum dan daya gabung khusus yang tinggi. Dalam proses perakitan hibrida dibutuhkan sedikitnya dua populasi yang memiliki latar belakang plasma nutfah dengan keragaman genetik yang luas, penampilan persilangan menonjol, dan menunjukkan tingkat heterosis tinggi. Populasi yang digunakan juga harus memiliki toleransi terhadap cekaman silang dalam (*inbreeding stress*) dan mampu menghasilkan galur inbrida berdaya hasil tinggi. Adanya perbedaan frekuensi gen-gen yang berbeda dari masing-masing inbrida sebagai tetua, berperan penting dalam memperoleh heterosis yang tinggi. Dalam pembentukan hibrida diutamakan persilangan-persilangan antara bahan genetik atau populasi yang kontras atau berbeda sumber plasma nutfahnya.

Efisiensi pemilihan populasi sebagai sumber genetik inbrida dalam pembentukan hibrida bergantung kepada kemampuan populasi untuk menghasilkan vigor yang tinggi, karakter ideotipe yang stabil, galur *inbred* produktif dengan penampilan baik dan daya gabung yang tinggi. Seleksi dari populasi yang tidak memiliki gen-gen yang diinginkan tidak menjamin keberhasilan program pemuliaan meskipun secara teliti dengan metode yang baik.

PERBAIKAN POPULASI

Langkah awal dalam program hibrida adalah mencari populasi-populasi superior yang merupakan pasangan heterotik (*heterotic pattern*) dan atau melakukan pembentukan populasi baru. Pembentukan populasi dan program seleksi bertujuan untuk memaksimalkan karakter penting, selain mempertahankan karakter lain pada tingkat yang sama, atau di atas standar

minimum untuk diterima sebagai varietas komersial. Misalnya, kalau karakter hasil yang menjadi tujuan utama, maka populasi harus memiliki daya hasil yang beragam, tetapi karakter lainnya seperti saat berbunga, umur panen, ketahanan terhadap penyakit, dan kualitas hasil harus lebih seragam. Hal tersebut dapat dicapai dengan prosedur berikut:

1. Persilangan dilakukan hanya di antara populasi yang terseleksi, yakni populasi dengan fenotipe sama untuk karakter kedua (saat berbunga, umur panen, dan lain-lain), tetapi dengan fenotipe yang berbeda untuk karakter yang diutamakan (seperti hasil).
2. Persilangan antarpopulasi dibatasi oleh individu-individu dari populasi tetua yang mempunyai fenotipe yang sama, dengan memperhatikan karakter kedua terpenting.
3. Memperbaiki populasi-populasi asal yang berbeda dalam karakter kedua terpenting sebelum dilakukan persilangan di antara populasi tersebut, kemudian dilanjutkan dengan program utama seleksi.

Untuk mendapatkan populasi superior, perbaikan populasi dilakukan secara kontinu melalui perbaikan dalam populasi (*intrapopulation improvement*) dan perbaikan antarpopulasi (*interpopulation improvement*). Perbaikan dalam populasi bertujuan untuk memperbaiki populasi secara langsung, sedangkan perbaikan antarpopulasi bertujuan untuk memperbaiki persilangan antarpopulasi atau memperbaiki galur hibrida yang berasal dari dua populasi terpilih secara timbal balik untuk meningkatkan hasil populasi dan heterosis antara dua populasi. Prinsip dasar perbaikan populasi adalah meningkatkan frekuensi gen yang baik (*desirable genes*), sehingga akan meningkatkan rata-rata populasi untuk karakter yang ditentukan. Pada tanaman menyerbuk silang seperti jagung, bahan genetik yang beraneka ragam sering dimasukkan ke dalam satu populasi menjadi suatu pool. CIMMYT banyak membuat pool dan selanjutnya diperbaiki untuk memperoleh populasi baru. Puslitbang Tanaman Pangan juga telah membentuk pool 1, 2, 3, 4, dan 5. Seleksi berulang (*recurrent selection*) dalam perbaikan populasi, yang juga melibatkan seleksi generasi silang diri (*selfing*), akan membantu meningkatkan toleransi terhadap *inbreeding* dan meningkatkan kapasitas populasi untuk menghasilkan galur-galur yang lebih vigor dan unggul. Beberapa peneliti telah melaporkan kemajuan seleksi jagung menggunakan seleksi berulang bolak-balik (*reciprocal recurrent selection*). Dari seleksi berulang bolak-balik ini, Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan tiga varietas unggul jagung bersari bebas dan delapan hibrida.

SELEKSI BERULANG TIMBAL BALIK

Prosedur seleksi berulang timbal balik adalah sebagai berikut:

Musim 1: Pembuatan galur S₁

Dimulai dengan penanaman populasi dasar A(C₀) dan B(C₀), masing-masing 3-5 ribu tanaman, dibuat silang diri atau *selfing* sebanyak 350-400 tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan (tegap, berbunga sinkron, tahan hama penyakit). Pada saat panen dipilih 300 tongkol dari hasil silang diri yang masih memenuhi karakter yang diinginkan, dan masing-masing tongkol dipipil terpisah. Apabila populasi dasar memiliki keragaman yang besar (populasi belum pernah diperbaiki), jumlah silang diri lebih dari 400 tanaman.

Musim 2: Pembuatan silang puncak (*topcross*)

Tanaman galur S₁ populasi A digunakan sebagai tetua betina, ditanam masing-masing satu baris dengan 10 tanaman dalam blok terisolasi. Pada tiap empat baris tetua betina ditanam populasi B(C₀) sebagai tetua jantan. Kemudian dibuat persilangan S₁ populasi B dengan populasi A(C₀) dalam blok terisolasi. Dipilih 200-250 galur tetua betina yang berpenampilan baik dan hasil bijinya cukup untuk evaluasi silang puncak. Bersamaan dengan pembuatan silang puncak ditanam galur-galur S₁ A dan B masing-masing satu baris dengan 10-15 tanaman. Dibuat silang diri 3-5 tanaman dari tiap galur yang mempunyai karakter diinginkan. Pada waktu panen dipilih 1-3 tongkol dari hasil silang diri untuk setiap galur terpilih. Tongkol terpilih dipipil dan dicampurkan biji dari tiap galur sehingga diperoleh galur S₂ bulk.

Musim 3: Evaluasi silang puncak

Sebanyak 200-250 hasil silang puncak yang penampilan galurnya baik dan memiliki benih S₂ dievaluasi dalam percobaan berulang. Evaluasi dilakukan pada 1-3 lokasi. Bersamaan dengan evaluasi silang puncak dibuat galur S₃ bulk seperti pada musim 2.

Musim 4: Rekombinasi galur terpilih

Berdasarkan hasil evaluasi silang puncak dipilih 15-20 galur yang memiliki kombinasi yang baik dengan populasi pasangannya. Rekombinasi galur terpilih menggunakan galur S₃ bulk. Dibuat persilangan diallel antara galur terpilih. Untuk memperoleh populasi baru, A(C₁)F₁ dan B(C₁)F₁ dicampur dengan jumlah benih yang sama dari hasil persilangan. Rekombinasi dapat dilakukan dengan silang acak (*random mating, open pollination*), galur-galur ditanam sebagai tetua betina, masing-masing satu baris 10-25 tanaman. Tetua jantan adalah campuran biji dari galur-galur yang digunakan sebagai tetua betina. Pada saat berbunga dicabut malai bunga jantan dari tetua betina sebelum menghasilkan tepung sari.

Musim 5: Pembuatan galur S1

Ditanam benih A(C1)F₁ dan B(C1)F₁ dan dibuat persilangan seperti pada musim pertama. Pada musim kelima dapat dilakukan persilangan dalam populasi untuk memperoleh benih F₂ dan baru pada musim keenam dilakukan persilangan S₁, sehingga satu daur seleksi memerlukan lima musim, dan apabila menggunakan benih F₁ hanya memerlukan empat musim. Jika pembuatan galur S₂ bulk dan S₃ bulk tidak dilakukan maka rekombinasi menggunakan galur S₁. Galur S₃ bulk diteruskan untuk mendapatkan galur murni dengan metode baku.

PEMBENTUKAN GALUR INBRIDA

Inbrida sebagai tetua hibrida memiliki tingkat homozigositas yang tinggi. Inbrida jagung diperoleh melalui penyerbukan sendiri (*selfing*) atau melalui persilangan antarsaudara. Inbrida dapat dibentuk menggunakan bahan dasar varietas bersari bebas atau hibrida dan inbrida lain. Pembentukan inbrida dari varietas bersari bebas atau hibrida pada dasarnya melalui seleksi tanaman dan tongkol selama silang diri. Seleksi dilakukan berdasarkan bentuk tanaman yang baik dan ketahanan terhadap hama dan penyakit utama. Pembentukan inbrida dari inbrida lain dilakukan dengan cara menyilangkan dua inbrida yang disebut seleksi kumulatif, atau persilangan galur dengan populasi. Hibrida hasil persilangan ini dapat digunakan sebagai populasi dasar dalam pembentukan galur. Galur dapat diperbaiki dengan menggunakan galur lain atau populasi donor gen yang tidak terdapat dalam galur yang akan diperbaiki. Perbaikan dapat menggunakan silang balik (*backcross*) beberapa kali, sehingga karakter galur yang diperbaiki muncul kembali dan ditambah dengan karakter dari galur donor

Dalam pembentukan inbrida perlu dipertimbangkan antara kemajuan seleksi dengan pencapaian homozigositas. Persilangan antarsaudara dalam pembentukan inbrida akan memperlambat fiksasi allel yang merusak dan memberi kesempatan seleksi lebih luas. Keuntungan persilangan sendiri dalam pembentukan inbrida yang relatif homozigot dapat dilihat dari laju *inbreeding*. Untuk memperoleh tingkat *inbreeding* yang sama dengan satu generasi penyerbukan sendiri diperlukan tiga generasi persilangan sekandung (*fullsib*) atau enam generasi persilangan saudara tiri (*halfsib*). Seleksi selama pembentukan galur pada persilangan sendiri lebih terbatas, yaitu dalam batas-batas genotipe tanaman S₀ yang menyerbuk sendiri (Moentono 1988). Seleksi selama pembentukan galur sangat efektif dalam memperbaiki sifat-sifat galur inbrida, dan berfungsi mengeliminasi pemusnahan galur-galur yang tongkolnya kecil dan bijinya sulit diperbanyak, sehingga menghambat pembentukan benih.

Tabel 1. Galur inbrida dan silang tunggal materi induk penyusun hibrida Semar dan hibrida Bima yang dihasilkan oleh Balitsereal.

Nama hibrida	Galur inbrida		Benih materi induk/inbrida	
	Induk betina (A)	Induk jantan (B)	Induk betina (AB)	Induk jantan (C)
Semar-1	GM12	GM19	ST1219	GM15
Semar-2	GM25	GM30	ST2530	GM27
Semar-3	GM26	GM30	ST2630	GM15
Semar-4	Mr01	Mr02	ST0102	Mr03
Semar-5	Mr05	Mr06	ST0506	Mr04
Semar-6	Mr07	Mr08	ST0708	Mr04
Semar-7	Mr08	Mr06	ST0806	Mr04
Semar-8	Mr09	Mr10	ST0910	GM15 DMR
Semar-9	Mr11	Mr12	ST1112	GM15 DMR
Semar-10	Mr13	Mr04	ST1304	Mr14
Bima 1	Mr4	Mr14	ST414	-
Bima 2 Bantimurung	B11-209	Mr14	STB11-209/14	-
Bima 3 Bantimurung	Nei9008	Mr14	STNei9008/14	-

Pembentukan inbrida yang dikembangkan oleh Balitsereal, misal Galur B11-209, merupakan ekstrak dari galur S_6 (*bulk selfing* S_9), introduksi dari *Tropical Asean Maize Network* (TAMNET) dalam set percobaan *Late Line Evaluation Trial for Banded Leaf and Sheath Blight*. Galur Nei9008 merupakan galur S_6 (*bulk selfing* S_9) introduksi dari Departemen Pertanian Thailand (kebun percobaan di TAKFA). Galur Mr-14 adalah galur SW3-3 yang dikembangkan dari populasi Suwan 3. Galur B11-209 dan Nei9008 diperoleh melalui seleksi pedigree sampai generasi ke-6, selanjutnya dengan *bulk selfing* tiga generasi. Mr-14 diperoleh melalui seleksi pedigree sampai generasi ke-9, selanjutnya dengan *bulk selfing*.

METODE SELEKSI GALUR

Prosedur seleksi untuk menghasilkan galur adalah sebagai berikut:

Seleksi Massa (*Mass Selection*)

Seleksi massa adalah pemilihan individu secara visual untuk karakter-karakter yang diinginkan. Seleksi massa tidak melibatkan evaluasi famili. Seleksi massa dapat dijadikan dasar untuk domestikasi tanaman menyerbuk silang dan dasar pemeliharaan bentuk asal (*true type*) dari spesies tanaman yang menyerbuk silang, sebelum dikembangkan program perbaikan tanaman.

Seleksi massa efektif untuk karakter yang mempunyai heritabilitas tinggi, karena pemilihan hanya berdasarkan genotipe individu-individu tanaman pada satu lokasi dan satu musim. Pada tanaman jagung, seleksi massa dipilih berdasarkan tetua betina karena genotipe tetua betina diketahui dengan pasti. Untuk karakter yang dipilih sebelum berbunga, seleksi dapat dilakukan terhadap kedua tetua jantan maupun tetua betina. Tanaman yang tidak terpilih dibuang atau dibuat persilangan buatan antara tanaman terpilih. Seleksi berdasarkan kedua tetua akan memberikan kemajuan seleksi yang lebih besar daripada seleksi berdasarkan satu tetua saja.

Gardner dan Snusta (1981) telah berhasil meningkatkan hasil biji jagung varietas Hays-Golden dengan total respon kenaikan 23% dari populasi asal selama 10 generasi seleksi massa (di atas 10 tahun), dan respon tiap generasi adalah 2,8%, dengan beberapa teknik untuk memperbaiki efisiensi seleksi individu tanaman.

- Seleksi dibatasi pada hasil saja, pengukuran yang lebih teliti pada biji-biji yang telah dikeringkan sampai kadar air konstan.
- Luas lahan percobaan 0,2-0,3 ha, tanaman dipelihara dengan pemberian pupuk, irigasi, dan pengendalian gulma untuk memperkecil keragaman lingkungan.
- Lahan percobaan dibagi menjadi petak-petak yang lebih kecil dengan ukuran $\pm 4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$.
- Petak-petak seleksi terdiri atas empat baris, masing-masing 10 tanaman.
- Intensitas seleksi 10% dilakukan secara seragam terhadap 4.000-5.000 tanaman, empat tanaman unggul dipilih dari masing-masing petak kecil yang terdiri atas 40 tanaman.

Seleksi Satu Tongkol Satu Baris (*Ear-to-Row*)

Seleksi satu tongkol satu baris pada jagung, yang pada tanaman lain disebut *head-to-row*, atau satu malai satu baris, merupakan *halfsib selection* yang awalnya dirancang oleh Hopkins (1899) dalam Dahlan (1994) di Universitas Illinois untuk menyeleksi kandungan minyak dan protein pada jagung. Teknik seleksi ini merupakan modifikasi dari teknik seleksi massa yang menggunakan pengujian keturunan (*progeny test*) dari tanaman yang terseleksi, untuk membantu memperlancar seleksi yang didasarkan atas keadaan fenotipe individu tanaman. Kelemahan seleksi ini adalah kemungkinan terjadinya silang dalam cukup besar karena pemilihan pada satu tongkol hanya satu baris. Timbulnya *inbreeding* akan mengurangi kemajuan genetik pada proses seleksi.

Dalam seleksi, setelah pencampuran biji-biji tetua, diseleksi kembali fenotipe-fenotipe individu tanaman yang baik untuk diteruskan ke siklus berikutnya. Tanaman di dalam baris-baris keturunan adalah saudara tiri

(*half sibs*). Dengan demikian, metode ini memasukkan pengujian tanpa ulangan dari keturunan-keturunan bersari bebas dari tanaman terpilih.

Seleksi Pedigri (*Pedigree Selection*)

- Musim 1: Ditanam populasi dasar sekitar 3.000-5.000 tanaman, dipilih 300-400 tanaman dengan karakter yang dikehendaki dan dibuat silang diri untuk menghasilkan galur S_1 . Panen dilakukan secara terpisah dari masing-masing tanaman hasil silang diri yang mempunyai karakter yang diinginkan.
- Musim 2: Biji yang diperoleh pada musim 1 (S_1) dari tiap tongkol ditanam satu baris, ± 25 tanaman. Seleksi secara visual dilakukan antara famili dan dalam famili (baris), dan dipilih 3-5 tanaman dari baris yang terpilih untuk dilakukan silang diri. Panen dilakukan secara terpisah untuk masing-masing tongkol, dipilih 1-3 tongkol hasil silang diri untuk tiap baris terpilih dan diperoleh biji S_2 .
- Musim 3: Biji S_2 ditanam satu tongkol satu baris dengan 15-25 tanaman. Seleksi diteruskan antara baris dan dalam baris. Pilih 3-5 tanaman dari baris yang terpilih untuk dibuat silang diri. Panen dilakukan secara terpisah untuk masing-masing tongkol dan akan diperoleh biji S_3 .
- Musim 4: Biji (S_3) yang terpilih ditanam kembali seperti pada musim 3. Silang diri dilakukan sampai generasi keenam (S_6) untuk memperoleh galur yang mendekati homozigot.

Dalam pembentukan galur dapat dilakukan seleksi terhadap hama dan penyakit utama dengan inokulasi buatan.

Seleksi Curah (*Bulk Selection*)

Seleksi dengan metode curah dilakukan dengan mencampurkan biji dari tongkol hasil silang diri dalam jumlah yang sama. Seleksi dilakukan sampai empat generasi dan evaluasi daya gabungannya dilakukan pada galur S_4 . Modifikasi dapat dilakukan dengan mengevaluasi daya gabung pada S_1 dan galur terpilih digunakan untuk silang diri, tetapi biji dari 1-3 tongkol hasil silang diri dari galur terpilih dicampur dan silang diri dilanjutkan hingga mencapai homozigot. Seleksi curah dapat menghemat biaya dan dapat dilakukan dengan banyak populasi sekaligus.

Modifikasi Seleksi Pedigree

Metode seleksi ini merupakan kombinasi antara seleksi pedigree dan seleksi curah. Dari populasi dasar dipilih tanaman yang diinginkan (300-400 tanaman), dan dilakukan silang diri. Pada saat panen dipilih tongkol yang

baik dari tanaman hasil silang diri. Generasi selanjutnya ditanam satu baris 10-25 tanaman tiap tongkol, dan dipilih baris tanaman dengan karakter yang diinginkan. Dibuat silangdiri 3-5 tanaman dari baris terpilih. Setelah panen dari tiap baris terseleksi dipilih 1-3 tongkol dan diambil biji yang sama tiap tongkol untuk ditanam dalam satu baris 10-25 tanaman. Seleksi curah dalam famili dilakukan beberapa generasi berikutnya. Seleksi pedigree dilakukan lagi apabila galur akan dievaluasi daya gabungannya. Dapat pula diseling antara metode seleksi pedigree dan seleksi curah.

Prosedur lainnya, biji S_1 ditanam satu baris satu tongkol (*ear to row*), seleksi dilakukan antarbaris dan dalam baris. Biji-biji hasil silang diri diambil dengan jumlah yang sama, dicampur sebagai populasi S_2 . Seleksi curah diteruskan sampai dilakukan evaluasi galur. Dalam seleksi curah ada kemungkinan tanaman yang pendek akan tersingkir karena persaingan dengan tanaman yang lebih tinggi, sehingga pertumbuhannya kurang maksimal dan akan diperoleh galur yang tanamannya tinggi.

Seleksi Dapur Tunggal (*Single Hill Selection, Single Seed Descent*)

Metode seleksi dapur tunggal berfungsi mempertahankan keragaman dan dapat digunakan untuk pembentukan RIL (*Recombinant Inbred Lines*). RIL digunakan untuk kajian genetik dan analisis molekuler. Dalam seleksi ini, tiap tanaman hanya diambil satu biji untuk generasi berikutnya. Dari populasi dasar dipilih tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan untuk disilangdirikan. Setelah panen, diambil satu biji dari tiap tongkol dan dicampur menjadi satu. Biji campuran ini ditanam lagi dan dibuat silang diri dari masing-masing tanaman. Seleksi dilakukan tanpa membuat silang diri tanaman yang terserang hama penyakit, rebah, dan yang memiliki karakter lain yang tidak diinginkan. Setelah panen, diambil lagi satu biji dari tiap tongkol dan dicampur. Pekerjaan ini dilakukan beberapa generasi sampai tahap evaluasi galur. Apabila mula-mula dilakukan silang diri 500 tanaman, maka dari generasi ke generasi berikutnya jumlah tanaman yang berkurang hanya sedikit.

Seleksi Fenotipe Berulang (*Phenotypic Recurrent Selection*)

Seleksi fenotipe berulang adalah seleksi dari generasi ke generasi dengan diselingi oleh persilangan antara tanaman-tanaman terseleksi agar terjadi rekombinasi. Sparague dan Brimhall (1952) telah menggunakan prosedur seleksi ini dalam meningkatkan kadar minyak yang tinggi pada varietas jagung *Stiff Stalk Synthetic*. Langkah-langkah pelaksanaan seleksi fenotipe berulang adalah:

- Musim 1: Ditanam ± 100 tanaman S_0 dan dilakukan persilangan sendiri (*selfing*), bijinya diuji untuk menentukan kandungan minyaknya.
- Musim 2: Seleksi 10% tongkol S_1 dengan persentase minyak tertinggi ditanam satu tongkol satu baris dan saling silang (*intercrossing*). Biji-biji dengan jumlah yang sama dari tiap tongkol dicampur dan ditanam kembali untuk diseleksi pada generasi berikutnya.

Seleksi Berulang untuk Daya Gabung Umum (*Recurrent Selection for General Combining Ability*)

Seleksi ini awalnya disarankan oleh Jenkins (1978), dengan anggapan bahwa daya gabung dapat ditentukan sejak dini. Prosedur seleksi adalah sebagai berikut:

- Musim 1: Dipilih tanaman dari populasi dasar dengan karakter yang diinginkan. Tanaman terpilih kemudian disilangdirikan (*selfing*) untuk memperoleh galur S_1 . Pada saat panen hanya dipilih tanaman yang masih menunjukkan karakter yang diinginkan.
- Musim 2: Sebagian benih S_1 digunakan untuk pembuatan persilangan antara galur S_1 dengan populasi asal (silang puncak). Populasi digunakan sebagai tetua penguji. Sisa benih S_1 disimpan untuk digunakan dalam rekombinasi.
- Musim 3: Evaluasi famili saudara tiri (silang puncak) dilakukan dalam rancangan acak kelompok atau latis umum (*generalized lattice*) dengan 2-4 ulangan pada 1-3 lokasi. Berdasarkan evaluasi ini dipilih famili superior.
- Musim 4: Rekombinasi famili terpilih menggunakan biji S_1 dengan cara disaling-silangkan untuk membentuk populasi baru (C1).
- Musim 5: Populasi hasil rekombinasi pada musim 4 dibuat silang diri seperti pada musim I untuk membentuk daur kedua (C2) dan seterusnya.

Seleksi Berulang Timbal Balik (*Reciprocal Recurrent Selection*)

Seleksi berulang timbal balik memerlukan lima musim tanam dengan prosedur yang sama dengan yang telah dijelaskan pada perbaikan populasi, yaitu musim 1: pembuatan galur S_1 , musim 2: pembuatan silang puncak (*topcross*), musim 3: evaluasi silang puncak, musim 4: rekombinasi galur terpilih, musim 5: pembuatan galur S_1 .

Seleksi Silang Balik (*Backcross*)

Prosedur seleksi silang balik digunakan untuk memperbaiki galur yang sudah ada tetapi perlu menambah karakter yang lain seperti ketahanan terhadap hama penyakit. Galur yang hendak diperbaiki adalah tetua

pengulang (*recurrent parent*), karakter-karakternya tetap dipertahankan, kecuali karakter yang hendak diintrogresikan dari tetua donor. Galur A (tetua pengulang) disilangkan dengan galur donor X, selanjutnya F_1 atau F_2 disilangkan kembali dengan galur A. Dari beberapa silang balik dengan galur A akan diperoleh galur A' yang karakternya sama dengan galur A, tetapi mengandung gen yang diinginkan yang berasal dari galur X. Dalam silang balik harus jelas karakter yang diinginkan sehingga dapat diikuti selama proses seleksi. Tanaman F_1 mengandung 50% gen-gen galur A, silang balik 1 (BC_1) 75%, bc_2 meningkat menjadi 87,5%, bc_3 menjadi 93,8%, dan bc_4 meningkat menjadi 96,9%. Namun dalam proses *back cross* harus diikuti oleh kemampuan daya gabungannya agar tidak sampai berubah dari galur pasangannya dalam pembuatan hibrida.

Seleksi Gamit (*Gameet Selection*)

Seleksi gamit dianjurkan oleh Stadler pada tahun 1974 (Jugenheimer 1985). Apabila frekuensi zigot p^2 maka frekuensi gamit adalah p , sehingga seleksi gamit lebih efisien karena $p > p^2$. Prosedur untuk memperbaiki galur A adalah dengan populasi P, sehingga silang tunggal A/B memiliki karakter lebih unggul dibanding persilangan A/B sebagai berikut:

- Musim 1: Tanaman terpilih dari populasi P dikumpulkan dan dicampur tepung sarinya untuk menyerbuki tanaman galur A. Satu tongkol hasil persilangan merupakan famili tiri (*half sib*) dari banyak tetua jantan.
- Musim 2: Gunakan tepungsari tanaman F_1 untuk silang diri dan menyerbuki tanaman galur B.
- Musim 3: Evaluasi silang puncak hasil persilangan pada musim 1 dengan menggunakan pembanding hibrida A/B. Dipilih galur-galur yang memiliki hasil silang puncak lebih tinggi dari hasil hibrida A/B.
- Musim 4: Galur S_2 terpilih disilangdirikan, proses ini diteruskan hingga diperoleh galur murni.

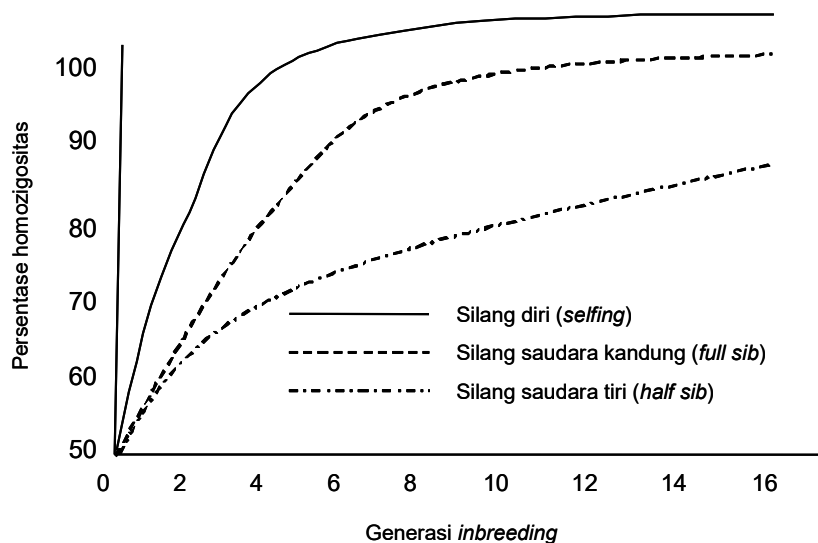
DEPRESI SILANG DALAM

Penyerbukan sendiri atau silang dalam pada tanaman menyerbuk silang akan mengakibatkan terjadinya segregasi pada lokus yang heterozigot, frekuensi genotipe yang homozigot bertambah, dan genotipe heterozigot berkurang. Hal tersebut akan menyebabkan penurunan vigor dan produktivitas tanaman, atau disebut juga depresi silang dalam (*inbreeding depression*).

Jagung adalah tanaman yang menyerbuk silang, sehingga peluang terjadinya silang diri secara alami sangat kecil (<5%), sehingga pada tanaman ini terjadi kawin acak. Pada umumnya gen-gen pada tanaman yang mengalami kawin acak belum terfiksasi sempurna (frekuensi gen tidak sama dengan 1,0). Apabila frekuensi gen A adalah p maka frekuensi gen a adalah $1 - p = q$ sehingga sebaran genotipe menjadi $f(AA) = p^2$, $f(Aa) = 2pq$, dan $f(aa) = q^2$. Jika terdapat dua lokus maka ada sembilan genotipe, 10 lokus memiliki 59.049 genotipe. Terdapat ribuan lokus pada tanaman jagung, sehingga dalam populasi jagung terdapat genotipe dalam jumlah yang sangat besar dan antara tanaman dalam populasi memiliki perbedaan genotipe.

Silang diri akan mengakibatkan terjadinya segregasi pada lokus yang heterozigot, frekuensi genotipe yang homozigot bertambah dan heterozigot berkurang. Apabila pada populasi $f(A) = f(a) = 0,5$ sehingga $f(Aa) = 0,5$, maka dengan silang diri satu kali $f(Aa)$ berkurang setengahnya menjadi 0,25 dan dengan silang diri enam kali $f(Aa)$ tinggal 0,0078, sehingga dengan enam kali silang diri tanaman sudah dapat diasumsikan telah homozigot. Silang diri memperbesar peluang dua alel dalam suatu lokus berasal dari gen yang sama. Dalam populasi di atas $f(AA) = f(aa) = 0,25$, genotipe AA tidak dapat dipastikan kedua alel A berasal dari gen yang sama, demikian pula genotipe aa, sehingga dari populasi tersebut tidak ada lokus yang mengandung alel yang berasal dari gen yang sama. Besarnya peluang dua alel dalam lokus yang berasal dari multiplikasi alel yang sama disebut koefisien silang dalam. Jadi koefisien silang dalam populasi asal ini adalah 0. Setelah silang diri diperoleh genotipe AA yang berasal dari Aa, maka kedua alel A berasal alel yang sama hasil keturunan Aa, demikian pula genotipe aa yang berasal dari Aa. Sedangkan AA memberikan keturunan AA dan aa keturunannya juga aa, sehingga keturunan AA yang berasal dari alel yang sama adalah setengahnya, demikian pula dari aa, sehingga peluang dua alel dalam lokus yang berasal dari alel yang sama setelah satu kali silang diri besarnya $(0,5)(0,5) = 0,125$ dari AA, $(0,5)(0,25) = 0,125$ dari aa, $(0,5)(0,5) = 0,25$ dari Aa, sehingga koefisien *inbreedingnya* = 0,5.

Gambar 1 memperlihatkan persentase homozigositas dari empat generasi silang diri (*selfing*), hampir sama dengan 10 generasi silang saudara tiri (*half sib*). Melalui penyerbukan sendiri, pada generasi delapan telah tercapai 100% homozigositas (dengan peluang 99,6%), yang berarti terbentuk galur murni. Namun adakalanya terjadi segregasi lambat, sehingga karakter yang ditentukan oleh gen resesif baru nampak pada generasi lanjut. Hal ini terlihat pada penurunan hasil biji dengan silang diri yang masih terus berlangsung, walaupun sudah mencapai generasi lanjut. Pada generasi 6-10, penurunan hasil 53% dan pada generasi 25-30 mencapai 79% (Hallauer and Miranda 1987). Galur-galur murni tersebut pada umumnya telah stabil



Gambar 1. Persentase homozigositas tanaman jagung pada generasi berurutan melalui penyerbukan sendiri dan perkawinan sedarah (Poehlman and Sleper 1995).

dalam karakter morfologi dan fisiologi, sehingga tidak akan terjadi lagi kehilangan vigor. Dengan demikian dapat dikatakan genotipenya dapat dipertahankan sampai waktu yang tidak terbatas.

Efek dari silang dalam (*inbreeding*) pada tanaman adalah:

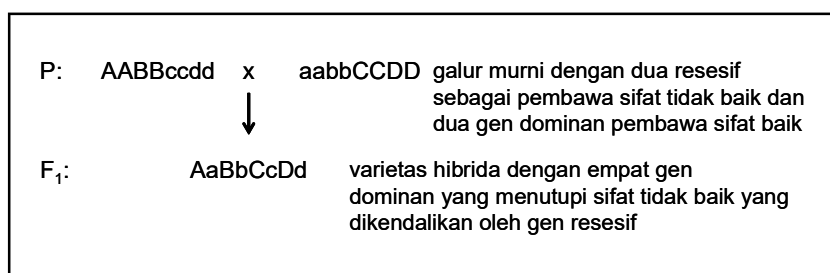
1. Timbul keragaman fenotipe, penampilan tanaman kurang baik dibanding tanaman asalnya, seperti hasil lebih rendah, tanaman lebih pendek, defisiensi klorofil yang nampak dengan timbulnya noda-noda pada daun tanaman. Sifat lain yang jarang terjadi adalah timbulnya endosperm yang tidak berguna dan resistensi terhadap beberapa penyakit seperti karat, hawar, dan bercak daun *Helminthosporium*. Keragaman fenotipe sangat berguna untuk memilih tanaman yang dikehendaki.
2. Silang dalam beberapa generasi akan mengakibatkan adanya perbedaan antargalur, tetapi antartanaman dalam galur yang sama akan semakin seragam.
3. Ciri utama akibat silang dalam adalah berkurangnya vigor yang diikuti oleh pengurangan hasil, dan ini berhubungan erat dengan pengurangan tinggi tanaman, panjang tongkol, dan beberapa karakter lain. Pengurangan hasil akan berlangsung terus meskipun pengurangan ukuran tanaman sudah tidak nampak.

4. Adanya perbaikan dalam populasi dan perbaikan galur (*recycle breeding*), penampilan galur semakin baik, dapat diperoleh galur dengan hasil 2-4 t/ha, tanaman tegap, daun hijau, tahan rebah, tahan hama dan penyakit.

HETEROSIS

J.G. Koelreuter merupakan orang pertama yang memperhatikan dan mencatat gejala heterosis ketika ia melihat pertumbuhan yang sangat baik dari tembakau hasil persilangan dua varietas yang berbeda (Baihaki 1989). Secara umum, jika dua genotipe yang berlainan (*unrelated or distantly related individuals*) dari satu spesies tanaman disilangkan maka keturunannya sering lebih baik dari kedua tetuanya atau memperlihatkan gejala heterosis dan sering disebut sebagai vigor atau ketegapan hibrida (*hybrid vigour*). Ketegapan hibrida adalah penambahan ukuran atau vigor pada hibrida F_1 yang melebihi tetua-tetuanya atau melebihi rata-rata tetuanya. Tanaman F_1 yang memperlihatkan gejala heterosis atau ketegapan hibrida berarti mengalami peningkatan karakteristik, seperti ukuran tanaman, ketegapan atau produktivitas yang lebih tinggi, dibanding dengan kedua tetuanya (Poehlman and Sleper 1995).

Shull (1908) merupakan orang pertama yang mengajukan teori mengenai gejala heterosis dan memperkenalkan istilah heterosis. Konsep heterosis dikembangkan melalui galur murni jagung dalam upaya pemanfaatan keunggulan khusus vigor hibrida dari hasil persilangan. Terdapat dua hipotesis utama yang dapat menjelaskan mekanisme gejala heterosis, yaitu hipotesis dominan dan hipotesis *over* dominan. Hipotesis dominan (Gambar 2) menjelaskan bahwa akumulasi gen-gen dominan yang baik (*favorable dominant genes*) dalam satu genotipe tanaman menyebabkan munculnya fenomena heterosis, sedangkan penampilan gen-gen resesifnya akan tertutupi atau hilang (Poehlman and Sleper 1995). Hipotesis ini merupakan landasan pemikiran yang paling luas penerimaannya.



Gambar 2. Fenomena heterosis menurut landasan hipotesis dominan.

Fenomena heterosis merupakan aksi dan interaksi gen-gen dominan yang baik yang terkumpul dalam satu genotipe F_1 sebagai hasil persilangan dua tetua. Persilangan antarindividu yang berbeda homozigot akan menghilangkan penampilan sifat yang tidak baik, sekaligus memunculkan akumulasi gen-gen dominan dengan sifat baik yang selanjutnya menimbulkan fenomena heterosis (Baihaki 1989).

Hipotesis *over* dominan menjelaskan bahwa ketegapan hibrida merupakan penampilan superioritas heterozigositas terhadap homozigositas. Artinya, individu yang berpenampilan superior merupakan individu yang memiliki konstitusi gen heterozigot terbanyak. Genotipe yang heterozigot memiliki tingkat superioritas yang lebih tinggi dibanding dengan genotipe homozigot (Fehr 1987). Menurut Poehlman dan Sleper (1995), heterosis terjadi karena adanya interaksi antargen pada lokus yang sama. Studi genetik kuantitatif menunjukkan efek epistasis kecil atau tidak nyata. Studi lain menunjukkan gen a_1 menghasilkan substansi yang berbeda dengan yang dihasilkan oleh gen a_2 . Dalam keadaan heterozigot, keduanya menghasilkan substansi yang berbeda, kedua substansi meningkatkan metabolisme. Genotipe heterozigot mempunyai warna yang lebih kuat. Gambar 3 mengilustrasikan landasan hipotesis *over* dominan bagi fenomena heterosis.

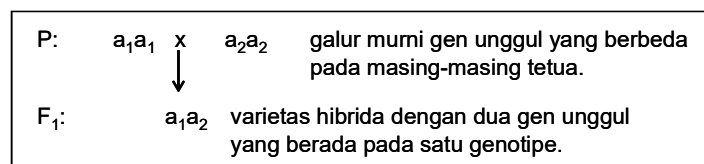
Gejala heterosis dapat dilihat dan diukur berdasarkan penampilan karakter atau sifat tanaman, seperti tinggi tanaman, hasil, kandungan minyak, dan protein. Terdapat tiga cara pendugaan kuantitatif heterosis:

1. Heterosis rata-rata tetua (*mid-parent heterosis*), yakni penampilan hibrida dibanding penampilan rata-rata kedua tetua.

$$h = \left[\frac{\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)/2}{(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)/2} \right] \times 100\%$$

2. Heterosis tetua tertinggi (*high-parent heterosis*)

$$h = \left[\frac{\bar{F}_1 - \bar{HP}}{\bar{HP}} \right] \times 100\%$$



Gambar 3. Fenomena heterosis menurut landasan hipotesis *over* dominan.

3. Perbandingan antara rata-rata $\bar{F}_1$ dengan rata-rata $\bar{F}_2$ dari hibrida yang bersangkutan (Halloran *et al.* 1979).

$$h = \left[\frac{\bar{F}_1 - \bar{F}_2}{\bar{F}_2} \right] \times 100\%$$

$\bar{F}_1$ = rata-rata penampilan hibrida,

$\bar{P}_1$ = rata-rata penampilan tetua pertama,

$\bar{P}_2$ = rata-rata penampilan tetua kedua,

$\bar{HP}$ = rata-rata penampilan tetua tertinggi,

$\bar{F}_2$ = rata-rata penampilan populasi F_2 hibrida yang bersangkutan.

Dalam praktek, dicari F_1 yang hasilnya lebih tinggi daripada hasil kedua tetua. Perlu diingat heterosis F_1 yang tinggi belum tentu memberi hasil lebih tinggi dari hasil F_1 yang heterosisnya rendah. Dalam pembuatan hibrida dicari dua populasi yang hasilnya tinggi dan heterosis antara kedua populasi juga tinggi. Heterosis yang tinggi dari dua galur tetapi hasilnya rendah tidak ada manfaatnya dalam pembentukan hibrida. Heterosis digunakan untuk menggolongkan populasi atau galur dalam pola heterosis (*heterotic pattern*). Pola heterotik dapat dibentuk sehingga dua populasi heterosisnya tinggi, yaitu dengan seleksi berulang timbal balik (*reciprocal recurrent selection*).

Di Indonesia, sejak 1993 telah dilakukan kegiatan peningkatan heterosis populasi dasar jagung untuk pembentukan varietas hibrida. Badan Litbang Pertanian membentuk pola heterosis dua pasangan populasi, yaitu pasangan Malang Sintetik (MS) J1 dengan J2 versi umur dalam, dan pasangan MS K1 dengan K2 versi umur genjah (Dahlan *et al.* 1996). Prosedur seleksi yang digunakan untuk meningkatkan heterosis kedua pasang populasi adalah modifikasi seleksi berulang timbal balik (*reciprocal recurrent selection*), yaitu satu daur terdiri dari empat musim tanam atau generasi. Dari kegiatan daur ke-1 dan ke-2, dalam periode 1999-2002, telah dilepas tiga varietas unggul jagung bersari bebas Palakka, Lamuru, dan Gumarang masing-masing berasal dari populasi MSJ2C1, MSJ2C2, dan MSK2C2 dan delapan varietas unggul jagung hibrida dengan potensi hasil 7,6-9,0 t/ha. Semar-4, Semar-5, Semar-6, Semar-7, Semar-8, Semar-9, dan Semar-10 tergolong hibrida silang tiga jalur (STJ), sedangkan Bima-1 tergolong hibrida silang tunggal (ST).

Bioteknologi sebagai pendukung dalam program perbaikan populasi memberikan kontribusi yang penting. Koefisien kemiripan dan jarak genetik berdasarkan markah molekuler (SSR) galur-galur penyusun hibrida tersebut sesuai dengan informasi pedigree. Dua galur terbaik sebagai tetua hibrida Bima-1 yaitu Mr04 (berasal dari MSJ1) dan Mr14 (berasal dari Suwan3 = MSJ2) memiliki potensi sebagai penguji daya gabung galur-galur yang berasal

dari luar kelompok heterosis MSJ1 dan MSJ2. Hibrida silang tunggal N161 x Mr04 memiliki daya hasil 13,46 t/ha, atau 123% dan 87% masing-masing di atas hibrida Bima-1 dan NK33. Galur-galur yang memiliki daya gabung khusus yang baik dapat diintrogresikan untuk meningkatkan keragaman genetik pasangan populasi MSJ1 dan MSJ2. Populasi MSJ2C5 memberikan hasil 7,38 t/ha, atau 16% lebih tinggi dibanding varietas Lamuru (MSJ2C2) atau terjadi kemajuan seleksi sebesar 339 kg/daur (Mejaya *et al.* 2004).

EVALUASI GALUR

Evaluasi galur inbrida dapat digolongkan menjadi dua, yaitu galur dievaluasi berdasarkan galur *per se* (galur itu sendiri) dan penampilan keturunannya. Pada evaluasi pertama, galur dilihat penampilan atau responnya seperti daya hasil, umur berbunga, sinkronisasi berbunga, tinggi tanaman dan tongkol, ketahanan terhadap hama dan penyakit, dan interaksi galur dengan lingkungan. Informasi ini diperlukan dalam pembuatan hibrida komersial. Evaluasi kedua adalah menilai daya gabung untuk memilih galur-galur yang mempunyai potensi untuk pembuatan hibrida. Masalah yang dihadapi dalam evaluasi galur adalah jumlah galur murni yang dihasilkan lebih banyak dibanding yang dapat diuji dalam kombinasi hibrida (Tabel 2).

Terdapat dua teknik dalam mengevaluasi galur-galur inbrida yakni:

1. Jenkins *et al.* (1954) menganjurkan pembuatan persilangan antara galur dengan populasi (tetua penguji) yang mempunyai keragaman genetik yang luas. Hasil persilangan (*topcross*) dievaluasi untuk menentukan galur-galur yang memberi harapan untuk digunakan dalam pembuatan hibrida. Selanjutnya dibuat persilangan diallel antara galur terpilih. Dari

Tabel 2. Hubungan antara jumlah kombinasi hibrida yang berbeda dengan jumlah galur inbrida.

Jumlah galur murni	Jumlah hibrida yang mungkin dibuat		
	Hibrida silang puncak	Hibrida silang tunggal	Hibrida silang ganda
5	5	10	15
10	10	45	630
20	20	190	14535
100	100	4950	11763625
500	500	124750	7.72E+09
n		$\frac{n(n-1)}{2}$	$\frac{3n!}{4!(n-4)!}$

Sumber: Halloran *et al.* (1979)

evaluasi persilangan diallel dapat diketahui galur yang dapat digunakan untuk pembentukan hibrida, yaitu galur yang memiliki hasil yang lebih baik daripada hibrida pembandingan. Untuk tetua penguji dapat digunakan varietas bersari bebas, hibrida silang tunggal, silang tiga jalur, silang ganda, dan galur inbrida. Galur penguji adalah galur yang memiliki daya gabung umum yang baik. Untuk tetua penguji digunakan galur yang telah digunakan dalam pembentukan hibrida, sehingga dari evaluasi tersebut diperoleh galur pasangan dengan galur penguji yang menghasilkan hibrida yang lebih baik dari hibrida pembandingan. Evaluasi dengan hibrida silang tunggal memberikan gambaran pasangan yang tepat dengan salah satu galur penyusun hibrida tetua penguji.

2. Jenkins (1978) mengembangkan metode pendugaan hasil hibrida silang ganda dari data pengujian silang tunggal. Dengan cara ini tidak perlu menguji semua kombinasi silang tiga jalur dan silang ganda. Dari empat galur inbrida dapat dibentuk enam silang tunggal hibrida, 12 hibrida silang tiga jalur, dan tiga hibrida silang ganda. Hasil hibrida silang tiga jalur diduga dari rata-rata dua silang tunggal, dan hasil hibrida silang ganda diduga dari rata-rata hasil empat hibrida silang tunggal. Pendugaan ini berdasarkan efek aditif. Seperti tampak pada Tabel 1, dari 10 galur inbrida dapat dibuat 630 silang ganda dan 360 silang tiga jalur. Pendugaan ini dapat didasarkan pada data silang diallel. Dari data silang diallel dicari galur-galur yang daya gabung umumnya baik, dari galur ini dapat dicari silang tunggal yang hasilnya tinggi, sehingga dapat dibentuk silang tiga jalur. Untuk silang ganda dicari dua galur yang daya gabungannya baik dan silang tunggal yang hasilnya tinggi dibandingkan dengan galur tersebut.

Varietas hibrida merupakan generasi pertama (F_1) hasil persilangan antara tetua berupa galur inbrida atau varietas bersari bebas yang berbeda genotipe. Hal yang perlu dilakukan dalam pemuliaan varietas hibrida adalah pembuatan galur inbrida, yakni galur tetua yang homozigot melalui silang dalam (*inbreeding*) pada tanaman menyerbuk silang. Dalam pembuatan varietas hibrida dua galur yang homozigot disilangkan dan diperoleh generasi F_1 yang heterozigot, kemudian ditanam sebagai varietas hibrida.

Terdapat tiga langkah dalam pembentukan varietas hibrida:

1. Membentuk galur inbrida, secara normal dengan melakukan beberapa generasi silang dalam (*inbreeding*) pada spesies tanaman menyerbuk silang.
2. Penilaian galur *inbreed* berdasarkan uji daya gabung umum dan daya gabung khusus untuk menentukan kombinasi-kombinasi varietas hibrida.
3. Menyilangkan pasangan galur murni yang tidak berkerabat untuk membentuk varietas hibrida F_1 .

Tabel 3. Jenis hibrida.

Sistem	Jenis hibrida	Persilangan
Dua tetua	Silang tunggal	A x B
	Silang puncak	A x Var 1
	Silang varietas	Var 1 x Var 2
Tiga tetua	Modifikasi silang tunggal	(A x A') x B
	Silang puncak ganda	(A x B) x Var 3
	Silang tiga jalur	(A x B) x C
Empat tetua	Modifikasi silang tiga jalur	(A x B) x (C x C')
	Silang ganda	(A x B) x (C x D)

Var: varietas bersari bebas

A': galur sedarah (sister line) A

C': galur sedarah (sister line) C

Terdapat beberapa jenis jagung hibrida, yaitu silang puncak, silang tunggal, modifikasi silang tunggal, silang tiga jalur dan silang ganda (Tabel 3). Hibrida silang ganda memiliki hasil lebih rendah dan fenotipe tanaman kurang seragam dibanding silang tunggal. Di Indonesia hanya ada satu hibrida silang ganda yang telah dilepas yaitu P-3. Hibrida silang tunggal memiliki hasil dan daya adaptasi lingkungan yang tinggi. Hibrida silang tiga jalur dan modifikasi silang tunggal lebih banyak dipasarkan. Untuk membuat silang ganda diperlukan dua hibrida silang tunggal dari empat galur inbrida yang berbeda dan hasilnya tinggi. Untuk pembentukan hibrida silang tiga jalur diperlukan satu hibrida silang tunggal dan satu inbrida. Varietas Semar termasuk hibrida silang tiga jalur, yaitu dibentuk dari tiga galur inbrida (AxB)xC. Silang tunggal (AxB) mempunyai interaksi genotipe x lingkungan yang lebih besar dari silang ganda maupun silang tiga jalur, namun produktivitas benih hibrida silang tunggalnya sedikit karena produktivitas galur inbridanya rendah (1-3 t/ha), dan harga benih menjadi lebih mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Baihaki, A. 1989. Phenomena heterosis. *Dalam* Kumpulan Materi Perkuliahan Latihan Teknik Pemuliaan Tanaman dan Hibrida. Balittan Sukamandi, Balitbang Pertanian Deptan, dan Fakultas Pertanian UNPAD. *Tidak Dipublikasikan*.
- Dahlan, M.M. 1994. Pemuliaan tanaman. Diktat Bahan Kuliah Pemuliaan Tanaman. Fakultas Pertanian. Universitas Putra Bangsa, Surabaya. 95 p.
- Dahlan, M.M., S. Slamet, M.J. Mejaya, Mudjiono, J.A. Bety, dan F. Kasim. 1996. Peningkatan heterosis populasi jagung untuk pembentukan varietas hibrida. Balitjas. Maros. p. 50.

- Damardjati, D.S., Subandi, K. Kariyasa, Zubachtirodin, S. Saenong. 2005. Prospek dan arah pengembangan agribisnis jagung. Balitbang Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Deptan. 2007a. Surat Keputusan Menteri Pertanian tentang pelepasan galur jagung hibrida ST B11-209/Mr 14 sebagai varietas unggul dengan nama Bima-2 Bantimurung
- Deptan. 2007b. Surat Keputusan Menteri Pertanian tentang pelepasan galur jagung hibrida st Nei 9008/Mr 14 sebagai varietas unggul dengan nama Bima-2 Bantimurung
- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Volume 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. New York.
- Gardner, E.J. and D.P. Snusta. 1981. Principles of Genetic. Six Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Hallauer A.R. and J.B. Miranda FO. 1987. Quantitative Genetics in Maize Breeding (2nd edition). Iowa State Univ. Press.
- Halloran, G.M., R. Knight, K.S. Mc Whirter and D.H.B. Sparrow. 1979. Plant Breeding. Australian Vice-Chancellors' Committee.
- Jenkins, M. T. 1978. Maize Breeding During the Development and Early Years of Hybrid Maize. Maize Breeding dan Genetics. John Wiley and Sons, Inc. Canada.
- Jenkins, M. T., A.L. Robertand and W.R. Findley. 1954. Recurrent selection as a method for concentrating genesfor resistance to *Helminthosporium turcicum* leaf blight in corn. Agron. Jour. 46:476-481.
- Jones, D.F. 1918. The effect of inbreeding and cross breeding upon development of maize. Corn. Agric. Exp. Station Bulletin. O. 207.
- Jugenheimer, R.W.1985. Corn Improvement, Seed production, and Uses. John Wiley, New York.
- Mejaya, M.J., M. Dahlan, M. Pabendon. 2004. Pola heterosis dalam pembentukan varietas unggul jagung bersari bebas dan hibrida. Seminar Puslitbangtan, Bogor
- Moentono, M.D. 1988. Pembentukan dan produksi benih varietas hibrida. Jagung. Puslitbangtan, Bogor.
- Paliwal, R.L. 2000. Hybrid maize breeding. *In*: Paliwal, R.L., G. Granados, H.R. Lafitte, and A.D. Violic (Eds.). Tropical Maize: Improvement And Production. FAO, Rome, Italy.

- Poehlman, J.M. and D.A. Sleeper. 1995. Breeding field crops. 4th ed. Iowa State University Press/Ames.
- Shull, G.H. 1908. The composition of field maize. Report of American Breeder's Association, 4: 296-301.
- Shull, G.H. 1948. What is heterosis?. *Genetics*, 33:439-446.
- Sparague and Brimhall. 1952. Relative effectiveness of two system of selection for oil content of the corn kernel. *Agron. J.* 42:83-88.
- Stanfiel, W.D. 1991. *Genetika*. Penerbit Erlangga. Jakarta.



Pemuliaan Jagung Khusus

M. Azrai, Made J. Mejaya, dan M. Yasin H.G.
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Kebutuhan jagung untuk bahan baku industri pakan, pangan, dan industri lainnya semakin meningkat. Sekitar 3,5 juta ton biji jagung per tahun diserap oleh pabrik pakan di Jawa Timur, dan sisanya sekitar 2,0 juta ton diserap oleh pabrik pakan di Jawa Tengah, Jawa Barat, Lampung, dan Sulawesi Selatan. Untuk pakan ternak monogastrik (unggas dan babi) diperlukan tambahan asam amino esensial lisin dan triptofan dari sumber lain yang sebagian besar masih diimpor. Pada tahun 2004, di Cilegon, Banten, telah beroperasi pabrik pengolahan jagung terpadu untuk menghasilkan tepung, protein, minyak, dan tetes jagung dengan kapasitas 1.000 ton biji jagung per hari atau 330.000 ton jagung per tahun, di mana 70% bahan bakunya masih diimpor.

Mengingat kebutuhan jagung untuk industri makin meningkat dan beragam maka diperlukan jagung dengan sifat-sifat khusus, seperti jagung protein mutu tinggi (QPM = *Quality Protein Maize*), jagung berkadar tepung, minyak, dan bioetanol tinggi, jagung manis, jagung pulut, jagung biomas, dan jagung umur genjah. Jagung dengan sifat khusus tersebut dapat dibentuk melalui program pemuliaan tanaman yang berulang dan terprogram. Metode pemuliaan silang balik dapat diterapkan untuk meng-introgresikan gen-gen donor dari jagung khusus yang berproduktivitas rendah ke jagung yang berproduktivitas tinggi. Dengan demikian, akan diperoleh jagung yang memiliki sifat khusus yang diinginkan dengan produktivitas tinggi.

JAGUNG KHUSUS

Jagung Protein Mutu Tinggi (QPM)

Jagung merupakan tanaman multiguna, karena hampir seluruh bagian tanamannya bernilai ekonomis yang dapat dimanfaatkan oleh ternak dan manusia. Sebagai bahan pangan dan pakan, jagung adalah sumber energi dan protein. Kandungan protein jagung umumnya berkisar 8-11%, namun kandungan lisin dan triptofannya rendah, masing-masing 0,225% dan 0,05% sehingga masih kurang dari separuh yang disarankan oleh Food and Agriculture Organization (FAO 1992).

Upaya peningkatan kadar protein pada biji jagung sudah lama dilakukan. Dudley *et al.* (1974) melaporkan keberhasilan peningkatan kadar protein populasi asal dari 10,9% menjadi 26,6% pada galur jagung *Illinois High Protein*. Selain itu juga dilaporkan korelasi negatif antara kenaikan kadar protein dengan hasil.

Komposisi biji jagung yang matang secara fisiologis terdiri atas 6% perikarp, 82% endosperma, dan 12% lembaga. Pada lembaga, kadar dan mutu proteinnya tinggi tetapi mutu protein endosperma rendah. Berdasarkan kelarutannya, protein pada endosperma biji jagung terdiri atas fraksi-fraksi albumin larut dalam air, globulin larut dalam larutan garam, prolamin atau zein-larut dalam alkohol, dan glutelin larut dalam asam atau basa (Bjarnason and Vasal 1992). Proporsi fraksi zein pada endosperma cukup tinggi yakni sekitar 60%, tetapi tidak terdapat lisin dan triptofan. Pada ketiga fraksi lainnya, komposisi asam amino cukup seimbang. Hal ini menjadi penyebab rendahnya mutu protein jagung biasa (Vasal 2000, 2001). Untuk itu, pemuliaan jagung berprotein mutu tinggi perlu diarahkan pada perbaikan genetik endospermanya.

Awal dari perbaikan genetik terhadap mutu protein dipicu oleh penemuan gen-gen opaque (buram) dan floury yang dilaporkan dapat mengubah kandungan lisin dan triptofan pada endosperma biji (Zuber *et al.* 1975). Dari sejumlah gen yang telah berhasil diidentifikasi, hanya gen opaque-2 (*o2*) dan floury2 (*fl2*) yang sering dimanfaatkan dalam memperbaiki sifat endosperma jagung (Mertz *et al.* 1964, Nelson *et al.* 1965). Pada awalnya, CIMMYT menggunakan kedua gen tersebut, namun dalam perkembangan berikutnya lebih memfokuskan kepada pemanfaatan gen *O₂* (Vasal 2000).

Pemanfaatan gen *o2* dan *fl2* dalam pemuliaan jagung mulai intensif pada dekade 1970an. Untuk mentransfer kedua gen tersebut ke bahan genetik target, biasanya digunakan metode seleksi silang balik. Biji yang mengandung gen *o2* dan *fl2* memperlihatkan sifat lunak berkapur (*soft chalky*), namun fenotipe yang lunak dan berkapur inilah yang merupakan penanda atau markah morfologis yang efektif dalam seleksi gen *o2* pada populasi yang bersegregasi (Vasal 2001). Oleh karena sifatnya yang resesif, maka pada setiap tahap silang balik masih diperlukan satu generasi silang dalam untuk identifikasi individu tanaman yang mengandung gen homositot resesif opaque-2.

Walaupun fenotipe biji yang lunak dan berkapur merupakan markah morfologis yang efektif untuk mendeteksi gen *o2*, namun sifat tersebut merupakan salah satu kelemahan yang dimiliki oleh QPM saat itu (Bjarnason and Vasal 1992). Hal ini terkait dengan pengaruh pleiotropi, sehingga kelemahan tersebut juga terekspresi pada biji sehingga tanaman berdaya

hasil rendah, rentan terhadap hama gudang dan penyakit busuk tongkol. Kelemahan lainnya adalah biji jagung opaque membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pengeringan setelah masak fisiologis. Biji yang lunak dan kusam tidak disukai oleh petani yang sudah biasa dengan tipe endosperma keras dan jernih (Kasim 2004).

Dengan munculnya karakter yang tidak dikehendaki dari mutan *fl2*, penggunaan materi genetik QPM saat itu makin berkurang. Untuk itu, selama satu dekade penelitian, CIMMYT menitikberatkan program konversi QPM ke jagung normal, baik pada varietas sintetik maupun inbrida elit untuk menjadi genotipe QPM. Upaya pemuliaan QPM berendosperma keras dimulai dengan mencari sumber gen baru. Walaupun teridentifikasi mutan-mutan lain, seperti *o6* dan *fl3*, tetapi mutan tersebut belum bisa mengungguli gen *o2* dalam meningkatkan mutu protein. Gen *o2* dan *fl2* secara tunggal hanya akan menghasilkan fenotipe dengan endosperma lunak. Untuk memecahkan permasalahan tersebut, para peneliti mencoba menggabungkan dua gen (*o2* dan *fl2* atau *o2* dan *su2*) dan penggunaan secara serempak gen *o2* dengan gen modifier *o2*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gen modifier *o2* yang pertama sekali dilaporkan oleh Paez *et al.* (1969) cukup efektif untuk mengubah kekerasan endosperma biji setelah digabungkan dengan gen *o2*. Bahan genetik hasil perbaikan tersebut juga memperlihatkan proporsi berbeda antara fenotipe yang opaque dan yang translucent (jernih).

Hal yang lebih penting, penggabungan gen *o2* dengan modifier *o2* telah terbukti dapat mengubah fenotipe biji dengan tetap mempertahankan mutu protein (Bjarnason dan Vasal 1992). Untuk mendapatkan genotipe dengan warna biji yang lebih jernih, maka kriteria seleksi diperketat, hanya memilih biji-biji terbaik dari tongkol terpilih yang digunakan pada generasi-generasi seleksi selanjutnya dan membuang sifat biji yang tampilannya kabur dan kurang menarik serta tongkol-tongkol dengan biji renggang. Jika program pemuliaan dilakukan secara hibridisasi biasa, biji QPM yang jernih dan biji jagung normal sulit dibedakan sehingga mutu protein, terutama kandungan lisin dan triptofan endosperma biji, harus selalu dimonitor di laboratorium (Vasal 2000, 2001).

Kemajuan di bidang pemuliaan molekuler (*molecular breeding*) dengan memanfaatkan marker sebagai alat bantu seleksi (*Marker Assisted Selection* = MAS) dapat membantu mengatasi masalah yang dihadapi dalam pemuliaan hibridisasi. Penggunaan bioteknologi terutama dalam teknologi markah molekuler, dapat mempercepat waktu perakitan QPM dan hasilnya lebih akurat. Markah molekuler yang mengendalikan gen *o2* telah berhasil diklon. Sekuen primer untuk tiga marka SSR yang telah berhasil dikloning adalah phi112, umc1066, dan phi057 pada lokus *o2*. Lokasi phi112 adalah antara G box dan ujung pangkal 3 pengkode protein (*upstream open reading*

frames = uORF) (Schmidt *et al.* 1990) dalam sekuen leader pada gen *o2*, dan mutasinya dapat mempengaruhi transkripsi gen *o2*. SSR umc1066 berada pada ekson 1 dan phi057 berada pada ekson 6, dan merupakan ekson yang paling besar di antara enam ekson di dalam gen *o2*. Mutasi yang terjadi pada kedua ekson ini akan meningkatkan atau mengurangi jumlah prolin di dalam protein *o2* dan mempengaruhi aktivitas protein *o2* sebagai aktivator transkripsial. Hal ini disebabkan oleh posisi residu prolin mempengaruhi tingkat dan arah putaran pada struktur 3-dimensi protein *o2* (Yang *et al.* 2004).

Lazzari *et al.* (2002) mengemukakan bahwa di antara alel-alel gen *o2* yang berbeda memiliki tingkat homologi yang sangat tinggi, kecuali pada dua daerah yang sangat bervariasi (*hypervariable*) di dalam ekson 1. Oleh karena itu, penggunaan marka phi112, umc1066, dan phi057 dapat menggambarkan variasi di dalam gen *o2* dengan variasi alelik SSR yang terjadi pada daerah pengorganisasian serta daerah 5' dan daerah 3' pada gen *o2*.

Jagung Pulut

Di beberapa daerah, jagung pulut (*waxy corn*) digunakan sebagai jagung rebus karena rasanya yang enak dan gurih. Kandungan amilopektin pada jagung pulut hampir mencapai 100%. Endosperm jagung biasa terdiri atas campuran 72% amilopektin dan 28% amilosa (Jugenheimer 1985). Menurut Bates *et al.* (1943) dalam Alexander dan Creech (1977), kandungan endosperm jagung pulut hampir semuanya amilopektin. Pada jagung pulut terdapat gen resesif *wx* dalam keadaan homosigot (*wxwx*) yang mempengaruhi komposisi kimia pati sehingga menyebabkan rasa yang enak dan gurih.

Hasil jagung pulut umumnya rendah, hanya 2-2,5 t/ha dan tidak tahan penyakit bulai. Sampai saat ini pemuliaan jagung pulut belum banyak mendapat perhatian, terutama dalam peningkatan potensi hasilnya, padahal permintaan jagung pulut terus meningkat, terutama untuk industri jagung marning. Untuk pembuatan jagung marning dibutuhkan biji jagung pulut yang ukurannya lebih besar agar kualitasnya lebih bagus dibanding menggunakan biji kecil. Untuk itu perlu diintrogresikan gen jagung pulut ke jagung putih yang bijinya lebih besar, produktivitasnya lebih tinggi, dan memiliki nilai biologis yang tinggi atau dengan membentuk jagung pulut hibrida yang berdaya hasil tinggi dan berbiji lebih besar.

Jagung Manis

Jagung manis (*sweet corn*) umum dikonsumsi sebagai jagung rebus atau jagung kukus (steam), terutama bagi masyarakat di kota-kota besar. Jagung ini dikonsumsi dalam bentuk jagung muda, mempunyai rasa manis dan enak karena kandungan gulanya tinggi. Jagung manis mempunyai biji-biji yang berisi endosperm manis, mengkilap, tembus pandang sebelum masak dan berkerut bila kering.

Pada varietas jagung manis terdapat suatu gen resesif yang mencegah perubahan gula menjadi pati (Purseglove 1992). Gen yang sudah umum digunakan adalah su_2 (*standard sugary*) dan sh_2 (*shrunk*). Gen su_2 merupakan gen standar, sedangkan gen sh_2 menyebabkan rasa lebih manis dan dapat bertahan lebih lama atau disebut *supersweet*. Apabila kedua gen berada dalam satu genotipe maka disebut *sugary supersweet*. Menurut Straughn (1907) dalam Alexander dan Creech (1977), kandungan gula pada biji yang masak berbeda pada setiap kultivar jagung manis, bergantung pada derajat kerutannya. Kerutan yang dalam lebih banyak mengandung gula dibandingkan kerutan yang dangkal.

Jagung Biomas Tinggi

Kebutuhan hijauan pakan jagung cacah semakin meningkat, terutama di Jawa Timur, Jawa Barat, dan Yogyakarta. Sulawesi Selatan telah mengeksport silase jagung ke Korea Selatan dan Jepang. Korea Selatan mengharapkan impor biomas jagung cacah dari Indonesia sekitar 1-2 juta t/tahun.

Untuk biomas jagung cacah, tanaman jagung dipanen pada saat tongkolnya masih muda (setengah dewasa atau fase masak susu) atau pada saat tanaman berumur 65-75 hari bagi varietas berumur masak fisiologis 90-110 hari. Tanaman dipanen dengan cara memotong batang pada permukaan tanah, kemudian seluruh bagian tanaman (batang, daun, tongkol muda) dicacah dengan mesin, ukuran cacah sekitar 5,0 cm, kemudian difermentasi menjadi silase. Hasil cacahan juga dapat digunakan langsung untuk pakan ternak dengan kadar total nutrisi tercerna (TNT) 60-75%, protein 11-15%, kaya akan asam amino, mineral, dan lebih disukai oleh ternak (Tangendjaja dan Gunawan 1988).

Cara lain untuk memperoleh pakan dari tanaman jagung adalah memangkas daun tanaman di bawah dan di atas tongkol, menjelang masak fisiologis. Pemangkasan daun tanaman di atas dan di bawah tongkol pada 20 hari setelah bunga jantan keluar pada varietas Arjuna tidak berpengaruh terhadap hasil biji (Fauziati *et al.* 1998). Usaha penyediaan pakan dalam bentuk hijauan yang berasal dari panen jagung sayur (*baby corn*) dan jagung

muda memiliki potensi besar. Jagung yang ditanam dengan populasi 50.000 tanaman/ha memberikan hasil jagung sayur 1,0 t/ha dan hijauan 16,0 t/ha pada umur 52 hari dengan nilai R/C 1,22. Pada umur 70 hari, hasil jagung muda 14,0 t/ha dan hijauan 17,0 t/ha dengan nilai R/C 2,21 (Suhardjono dan Moegijanto 1998). Balitsereal telah meneliti varietas jagung dan populasi tanaman optimum untuk biomas hijauan (jagung cacah). Varietas bersari bebas (komposit) Lamuru dengan populasi 357.142 batang/ha memberikan biomas segar 120,0 t/ha dan hasil biji 4,1 t/ha dengan nilai R/C 2,8 (Subandi *et al.* 2004).

Pemuliaan jagung untuk menghasilkan varietas dengan bobot biomas tinggi baru dimulai pada tahun 2005, yang diawali dengan evaluasi daya gabung aksesori plasma nutfah jagung biomas pada populasi 66.666 tanaman/ha. Hasil evaluasi menunjukkan bobot biomas jagung biji putih silang tunggal berkisar antara 90,0-110 t/ha. Silang tunggal MZ-0159 x MZ-0332 memberikan bobot biomas tertinggi (115 t/ha) atau terjadi heterosis sebesar 31% terhadap tetua tertinggi (MZ-0159, dengan bobot biomas 85,0 t/ha). Varietas Srikandi Putih-1 memberikan bobot biomas 71,0 t/ha. Untuk jagung biji kuning, bobot biomas silang tunggal berkisar antara 51,0-72,0 t/ha. Varietas Bima-1 memberikan bobot biomas 72,0 t/ha, dan varietas Sukmaraga 71,0 t/ha (Mejaya *et al.* 2005).

Perbaikan genetik populasi jagung dapat dilakukan dengan metode seleksi daur berulang, sedangkan pembentukan dan perbaikan galur jagung dengan metode seleksi pedigree atau silang balik (*back cross*). Galur yang terpilih pada uji daya gabung dapat digunakan untuk membentuk hibrida (Hallauer and Miranda 1981).

Jagung Umur Genjah

Persyaratan utama untuk mendapatkan produktivitas jagung yang optimal pada wilayah pengembangan yang beriklim kering adalah tersedianya varietas unggul umur genjah, benih berkualitas tinggi, dan paket teknologi budidayeranya. Sekitar 50% pertanaman jagung terdapat di lahan tegalan dan 10% di lahan sawah tadah hujan yang sering mengalami cekaman kekeringan sehingga memerlukan varietas umur genjah (± 80 hari). Varietas jagung berumur genjah diperlukan untuk menyesuaikan pola tanam pada lahan sawah dan pemanfaatan ketersediaan air setelah panen padi. Jagung berumur genjah berpeluang terhindar dari kekeringan sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan panen (Subandi *et al.* 1988).

Tanaman jagung pada lahan tegalan sering mengalami kekeringan pada fase pengisian biji. Cekaman kekeringan akan menurunkan hasil biji, bobot tongkol, memperlambat waktu berbunga, dan memperbesar interval

berbunga (perbedaan antara antesis dan keluarnya rambut tongkol), memperpendek tanaman, dan meningkatkan jumlah tanaman yang mandul. Vasal *et al.* (1995) melakukan seleksi untuk umur genjah dan hasil tinggi terhadap tujuh populasi jagung selama 5-9 daur. Kemajuan seleksi 87-123 kg/ha per daur seleksi. Troyer dan Larkins (1987) melaporkan kemajuan seleksi selama 11 daur terhadap 10 populasi jagung. Kemajuan seleksi rata-rata per daur 167 kg/ha hasil biji dan satu hari lebih genjah untuk keluar rambut tongkol dibandingkan populasi dasar.

Di beberapa daerah seperti Madura, petani menanam jagung umur genjah yang ditumpangsarikan dengan kacang hijau. Petani lebih menyukai varietas jagung dengan ukuran biji kecil dan warna biji oranye sebagai bahan pangan pokok atau diekspor untuk pakan burung. Varietas lokal berumur genjah umumnya berdaya hasil rendah sehingga perlu diperbaiki. Balitsereal telah melepas varietas jagung umur genjah (82 hari), berbiji kuning, dan potensi hasil tinggi (9,0 t/ha) dengan nama Gumarang yang berasal dari populasi MS.K(RRS)C2. Varietas Gumarang dapat dipakai sebagai salah satu tetua untuk memperbaiki daya hasil varietas lokal Madura dengan menggunakan seleksi berulang.

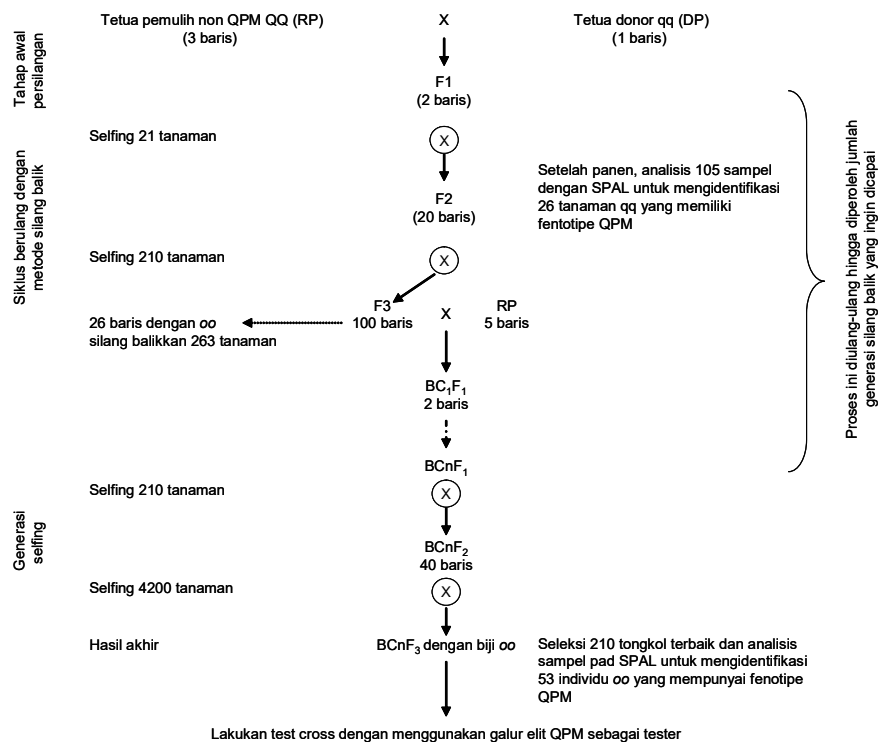
METODE PEMULIAAN

Metode pemuliaan jagung khusus untuk biomas tinggi dan umur genjah sama dengan metode pemuliaan varietas komposit maupun hibrida. Untuk jagung QPM, jagung pulut, dan jagung manis, ada sedikit perbedaan karena sifat kekhususannya dikendalikan oleh gen sederhana, yang bersifat homosigot resesif. Ketiga jenis jagung khusus tersebut memiliki kelemahan, yaitu hasil rendah dan rentan terhadap penyakit bulai dan hawar daun.

Bahan genetik atau galur elit sebagai populasi dasar yang hendak dikonversi menjadi jenis jagung khusus adalah populasi atau galur yang memiliki sifat baik dan tahan penyakit, terutama penyakit bulai, hawar dan karat daun. Program konversi tersebut dapat menggunakan seleksi silang balik (Kasim 2004).

Untuk mendeteksi individu tanaman yang membawa sifat homosigot resesif pada seleksi silang balik secara hibridisasi biasa diperlukan *selfing* pada setiap generasi silang balik. Hasil panen generasi *selfing* yang terseleksi ditanam lagi untuk disilangbalikkan dengan tetua pemulihnya. Sebagai contoh disajikan bagan untuk mengkonversi gen resesif *opaque-2* (*qq*) ke galur elit sebagaimana yang dikemukakan pada Gambar 1.

Untuk menghasilkan varietas hibrida dan atau sintetik, jumlah galur elit yang mesti dikonversi dengan gen *oo* minimal dua kelompok galur yang



Gambar 1. Skema pemuliaan silang balik untuk mengkonversi gen resesif opaque (oo) ke galur elit secara hibridisasi biasa.
Sumber: Dreher *et al.* (2000)

sudah diketahui latar belakang genetiknya sebagai pasangan heterotik yang baik. Dengan demikian, galur-galur hasil konversi tersebut dapat saling disilangkan untuk menghasilkan varietas QPM unggul baru.

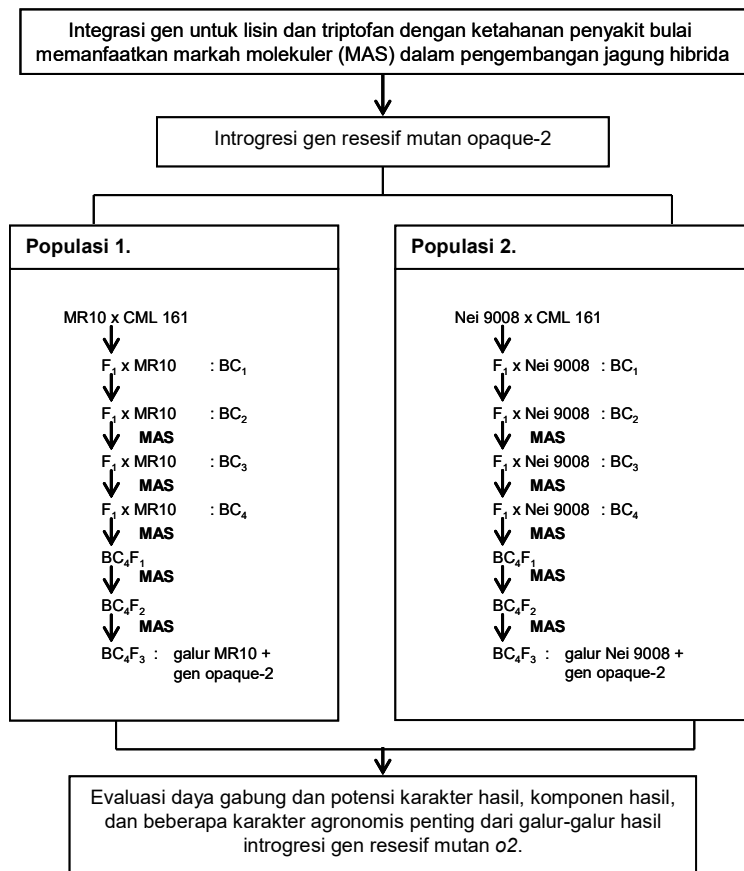
PEMULIAAN DENGAN TEKNOLOGI MARKAH MOLEKULER

Penerapan teknologi markah molekuler pada tanaman jagung semakin berkembang sejalan dengan semakin banyaknya pilihan markah DNA yaitu: (1) markah berdasarkan hibridisasi DNA seperti RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*); (2) markah berdasarkan reaksi rantai polimerase (*Polymerase Chain Reaction = PCR*) dengan menggunakan sekuen-sekuen nukleotida sebagai primer, seperti RAPD (*Randomly Amplified Polymorphic DNA*) dan AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*); (3) markah

berdasarkan PCR dengan menggunakan primer yang menggabungkan sekuen komplementer spesifik dalam DNA target, seperti STS (*Sequence Tagged Sites*), SCARs (*Sequence Characterized Amplified Regions*), SSRs (*Simple Sequence Repats*) atau microsatellites, dan SNPs (*Single Nucleotida Polymorphism*) (Azrai 2006).

Markah DNA dapat digunakan untuk mengidentifikasi plasma nutfah yang memiliki karakter khusus untuk program pemuliaan jika markah DNA tersebut berasosiasi kuat dengan gen yang mengendalikan karakter yang diinginkan. Identifikasi galur-galur dengan bantuan markah molekuler juga sangat bermanfaat dalam analisis sidik jari (*fingerprinting*) karena dapat memberikan informasi dalam perencanaan program pemuliaan, terutama untuk pembentukan segregasi baru, varietas hibrida, dan sintetis unggul baru atau dapat digunakan oleh pemulia tanaman dalam menentukan tetua yang digunakan untuk memilih pasangan persilangan baru. Walaupun informasi dari kelompok heterotik tidak selalu mampu menghasilkan kombinasi persilangan terbaik, namun dengan pendekatan ini dapat membantu mengurangi jumlah persilangan maupun keturunan bersegregasi yang diperlukan untuk dievaluasi lebih lanjut. Selain itu, sidik jari DNA sangat diperlukan dalam perlindungan galur elit dari pencurian (klaim). Dengan demikian efisiensi pemuliaan dapat ditingkatkan secara nyata melalui seleksi terarah berdasarkan data molekuler dan ekspresi genetik secara fenotipik di lapangan.

Untuk memasukkan karakter yang diatur oleh gen resesif dari tetua donor ke dalam tetua pengulang, seleksi/identifikasi fenotipik pada progeni (keturunan) yang mengandung gen resesif pada program silang balik tidak bisa dilakukan langsung seperti pada sifat yang diatur oleh gen dominan, sehingga harus dilakukan *selfing* (silang diri) yang dilanjutkan dengan uji progeni. *Selfing* dapat menyebabkan terjadinya segregasi genotipe heterozigot, dan hanya genotipe homosygous resesif yang disilangbalik dengan tetua pengulang. Pembuatan *selfing* ini akan menambah waktu yang diperlukan untuk mencapai keragaan tetua pengulang yang diinginkan dan mengandung gen donor. Dengan bantuan markah molekuler tidak perlu lagi melakukan *selfing*/uji progeni, dan genotipe heterozigot dapat diidentifikasi yang dilanjutkan dengan membentuk BC2. Pada BC4 telah dicapai 96,9% genotipe tetua pengulang, dilanjutkan dengan *selfing* progeni heterozigot, dan identifikasi hanya untuk individu yang homozigot resesif. teknik pemuliaan untuk mengkonversi galur-galur elit tahan penyakit bulai menjadi galur-galur QPM untuk memperoleh galur-galur yang memiliki kedua karakter unggul tersebut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik pemuliaan silang balik untuk mengkonversi gen resesif opaque (oo) ke galur elit dengan memanfaatkan markah molekuler (Azrai 2007).

PEMULIAAN ALTERNATIF

Untuk menembus 'platou' atau potensi genetik yang telah mendatar dewasa ini, Sumarno (2003) menyarankan perlunya pemuliaan alternatif secara tidak langsung melalui perubahan sifat fisiologis, antara lain: (a) perubahan bentuk tanaman menuju bentuk tanaman ideal yang sama sekali baru; (b) perbaikan arah, letak, bentuk dan warna daun; (c) perbaikan perkembangan perakaran; (d) peningkatan hasil bersih fotosintesis; (e) pengurangan tingkat respirasi; (f) mengubah tanaman C3 menjadi C4, (g) optimalisasi proporsi *sink-source*, (h) memasukkan gen yang dapat menstimulasi tanaman membentuk nitrogen (simbiose dengan bakteri, cendawan) pada tanaman nonleguminose, dan (i) menghasilkan tanaman yang dapat dipanen berulang kali.

Tanaman memiliki kapasitas 'source' (daun sebagai pabrik penyedia bahan baku untuk membentuk buah atau biji) sangat besar. Adakalanya kapasitas 'sink' (tempat penampung hasil metabolisme daun yang berupa bakal buah) terbatas (kurang banyak), sehingga hasil panen menjadi rendah. Pemuliaan dapat diarahkan kepada optimalisasi indeks luas daun (LAI) dan memperbanyak bakal buah atau mengurangi gugur bunga. Untuk itu, penggunaan MAS dapat diterapkan dalam mengidentifikasi gen pengatur atau penyebab gugur bunga dan mengganti dengan gen pasangannya yang dapat mengurangi gugur bakal bunga atau gugur bakal buah (Sumarno 2003). Dengan teknik rekombinan DNA, gen-gen pembentuk nodulasi rhizobium tanaman leguminose secara teoritis dapat dipindahkan ke dalam genom tanaman sereal (padi, jagung, sorgum, gandum, tebu) sehingga tanaman sereal yang memerlukan banyak nitrogen dapat memperoleh N dari udara atas bantuan bakteri rhizobium (Sumarno dan Muljopawiro 1994).

PENGEMBANGAN JAGUNG KHUSUS

Strategi penelitian dan pemuliaan jagung khusus hendaknya mengarah kepada program yang menghasilkan galur-galur/inbrida unggul untuk menghasilkan varietas sintetik dan atau hibrida. Keuntungan program jagung khusus berorientasi hibrida adalah sebagai berikut:

- Dengan memanfaatkan fenomena heterosis, potensi genetik hibrida lebih tinggi dibandingkan dengan varietas bersari bebas.
- Kemurnian mutu genetik jagung khusus, terutama yang dikendalikan oleh gen resesif, akan lebih mudah terjaga jika berupa varietas hibrida karena kemurnian genetik inbridanya lebih mudah dikontrol.
- Penampilan tanaman dan biji lebih seragam dan stabil pada jagung hibrida.

Dalam hal produksi benih jagung khusus mesti dilakukan dengan hati-hati dan secermat mungkin, terutama yang sifat kekhususannya dikendalikan oleh gen resesif. Walaupun teknik produksi benih jagung khusus tidak berbeda dengan produksi benih jagung biasa (dalam hal isolasi), tetapi secara berkala perlu dilakukan analisis laboratorium (sekali setahun) terutama untuk benih kelas penjenis dan benih dasar untuk memastikan mutunya, misalnya analisis kandungan lisin dan triptofan, kandungan amilopektin, kadar gula pada jagung manis, proksimat pada jagung biomas, dan jaringan jagung yang efisien pemupukan nitrogen.

Agar varietas unggul baru yang diperoleh dari program pemuliaan jagung khusus dapat berkembang dan dimanfaatkan oleh masyarakat, perlu dukungan berbagai pihak dalam hal diseminasi dan promosi secara terarah dan terpadu. Hal ini dapat dilakukan melalui jaringan penelitian dan

pengkajian (litkaji) di setiap provinsi di Indonesia. Pada saat yang sama, promosi varietas unggul jagung khusus kepada pihak industri yang memerlukan bahan baku jagung dapat dilakukan melalui berbagai forum dan media komunikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, D.E. and Creech. 1977. Breeding special nutritional and industrial types. *In* Corn and Corn Improvement. The American Society of Agronomy Inc.
- Azrai, M. 2006. Sinergi teknologi marka molekuler dalam pemuliaan tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(3): 81-89.
- Azrai, M. 2007. Integrasi gen untuk lisin dan triptofan dengan ketahanan penyakit bulai memanfaatkan marka molekuler (MAS) dalam pengembangan jagung hibrida. Disertasi Sekolah Pascasarjana IPB. *Tidak dipublikasikan*.
- Bjarnason, M. and S.K. Vasal. 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *In*: Janick (*Ed.*). *Plant Breeding Review*. 9: 181-216.
- Dreher, K. Morris, M. Khairallah, J.M. Ribaut, S. Pandey, and G. Sinivasan. 2000. Is marker assisted selection cost-effective compared to conventional plant breeding methods? The case of quality protein maize. Paper presented at the fourth annual conference of the international consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICBR). Economics of Agricultural Biotechnology "held in Ravello", Italy, from 24-28 August, 2000. 25p.
- Dudley, J.W., R.J. Lambert, and D.E. Alexander. 1974. Seventy generations of selection for oil content and protein concentration in the maize kernel. *In*: *Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize*. Dudley, J.W., (*Eds.*), CSSA. Madison, Wisconsin, WI.
- FAO. 1992. *Agrostat, Food Balance Sheets*, FAO, Rome. Italy.
- Fauziati, N., Y. Raihana, dan S. Raihan. 1998. Hasil jagung dan produk hijauan pada beberapa cara pemangkasan daun. p. 443-448. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Maros.
- Hallauer A.R. and J.B. Miranda FO. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State Univ. Press.
- Jugenheimer, R.W. 1985. *Corn Improvement, Seed Production, and Uses*. Robert E. Krieger Publishing Company Malabar, Florida.

- Kasim, F. 2004. Hasil-hasil penelitian dan prospek jagung bermutu protein tinggi. Makalah Seminar Review ilmiah. Puslit Tanaman Pangan. 8 Juli 2004. 12p.
- Lazzari B, C. Cosentino, and A. Viotti. 2002. Gene products and structure analysis of wildtype and mutant alleles at the *Opaque-2* locus of *Zea mays*. *Maydica* 47: 253-265.
- Mejaya, M.J., M. Dahlan, F. Kasim, M. Y. Gafar, W. Wakman, M. Adnan, M. Y. Said, R. N. Iriany, R. Efendi, Fatmawati, H. Talanca, A. Takdir, S.B. Santoso, M. Isnaini, dan M. Nawir. 2005. Ringkasan laporan pembentukan genotipe unggul jagung khusus: jagung QPM, jagung pulut, jagung biomas, jagung manis, dan jagung umur genjah. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Mertz ET., L.S. Bates, and O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279-280.
- Nelson, O.E., E.T. Mertz, and L.S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science*. 150: 1469-1470.
- Paez, A.V., J.L.Helm, and M.S Zuber. 1969. Lysine content of opaque-2 maize kernels having different phenotypes, *Crop Sci*. 9: 251-252.
- Purseglove. 1992. *Tropicals Crops, Monocotyledons*. Longmann. London.
- Schmidt, R.J., F.A. Burr, M.J. Aukerman, and B. Burr. 1990. Maize regulatory gene opaque-2 encodes protein with a "leucine zipper" motif that binds to zein DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 8: 46-50.
- Subandi, I. Manwan, and A. Blumenschein. 1988. National Coordinated Research Program: Corn. Central Research Institute for Food Crops. Bogor. p.83.
- Subandi, M. Mejaya, S. Saenong, W. Wakman, Zubachtirodin, I Firmansyah. 2004. Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia 2003. Maros. p.41.
- Suhardjono, H. dan Moegijanto. 1998. Kajian sistem panen tanaman jagung dalam menunjang pakan ternak. p. 439-442. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Maros.
- Sumarno dan S. Muljopawiro. 1994. Pemuliaan tanaman konvensional dan bioteknologi. *Dalam: Sugiyarta et al. (Eds.). Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman II*. Pasuruan.
- Sumarno. 2003. Pemuliaan tanaman menembus platou potensi genetik. Makalah disampaikan pada Lokakarya Manajemen Mutu Penelitian Pemuliaan Tanaman. Pacet, 8-12 September 2003.

- Tangendjaja, B. dan Gunawan. 1988. Jagung dan limbahnya untuk makanan ternak. *Dalam: Subandi et al. (Eds.). Jagung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 423 p.
- Troyer, A.F. dan J.R. Larkins. 1987. Selection for early flowering in corn: 10 late synthetics. *Crop Sci.* 25:695-697.
- Vasal, S.K., S. McLean, F.S. Vicente, and S.K. Ramanujam. 1995. Past and future uses of recurrent selection schemes. CIMMYT, Mexico. p.162.
- Vasal, S.K. 2000. The Quality Protein Maize story. *Food and Nutrition Bulletin.* 21(4): 445-450.
- Vasal, S.K. 2001. High Quality Protein Corn. *In: Hallauer, A.R. (Ed.). Specialty Corns*. Second Ed. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p. 85-129
- Yang, W., Y. Zheng¹, S. Ni, and J. Wu. 2004. Recessive allelic variations of three microsatellite sites within the *o2* gene in maize. *Plant Mol. Bio. Rep.* 22: 361-374.
- Zuber, M.S., W.H. Skrdla, and B.H. Choe. 1975. Survey of maize selections for endosperm lysine content. *Crop Sci.* 15: 93-94.



Prospek Penggunaan Markah Molekuler dalam Program Pemuliaan Jagung

Marcia B. Pabendon¹, M. Azrai¹, F. Kasim², dan Made J. Mejaya¹

¹Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

²Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang

PENDAHULUAN

Pemuliaan tanaman merupakan suatu metode eksploitasi potensi genetik tanaman untuk mendapatkan kultivar atau varietas unggul baru yang berdaya hasil dan berkualitas tinggi pada kondisi lingkungan tertentu (Guzhov 1989, Stoskopf *et al.* 1993, Shivanna and Sawhney 1997, Mayo 1980). Eksploitasi potensi genetik tanaman semakin gencar setelah dicetuskannya revolusi hijau. Sejak itu, pemulia tanaman telah berhasil memperbaiki tanaman untuk sifat kualitatif maupun kuantitatif yang mempengaruhi penampilan agronomis maupun preferensi konsumen menggunakan pengamatan fenotipik yang dibantu dengan metode statistik yang tepat.

Beberapa masalah yang sering muncul melalui pendekatan tersebut seperti yang disarikan oleh Lamadji *et al.* (1999) di antaranya adalah (i) memerlukan waktu yang cukup lama; (ii) kesulitan memilih dengan tepat gen-gen yang menjadi target seleksi untuk diekspresikan pada sifat-sifat morfologi atau agronomi karena penampilan fenotipe tanaman bukan hanya ditentukan oleh komposisi genetik, tetapi juga oleh lingkungan tumbuh tanaman; (iii) rendahnya frekuensi individu yang diinginkan yang berada dalam populasi seleksi yang besar untuk mendapat hasil yang valid secara statistik; (iv) fenomena pautan gen antara sifat yang diinginkan dengan sifat tidak diinginkan sulit dipisahkan saat melakukan persilangan.

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi molekuler pada awal tahun 80an, telah ditemukan teknologi molekuler berbasis DNA. Markah molekuler merupakan alat yang sangat baik bagi pemulia dan ahli genetik untuk menganalisis genom tanaman. Sistem ini telah merevolusi bidang pemetaan genetik, antara lain dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan keragaman genetik, klasifikasi dan filogeni yang berhubungan dengan pengelolaan plasma nutfah, dan alat bantu dalam pemuliaan dan seleksi melalui penandaan gen. Pada akhirnya dapat digunakan sebagai suatu cara untuk pengklonan gen yang difasilitasi oleh peta markah molekuler.

Tulisan ini membahas beberapa strategi pemanfaatan markah molekuler dalam pemuliaan jagung.

MARKAH MOLEKULER

Estimasi kekerabatan genetik antara tanaman bermanfaat dalam studi evolusi populasi atau spesies dan perencanaan persilangan untuk hibrida atau pengembangan kultivar homosigot (Cox *et al.* 1985). Pada jagung, prediksi penampilan hibrida merupakan salah satu pertimbangan penting dan telah menarik banyak perhatian selama bertahun-tahun. Informasi hubungan kekerabatan di antara materi pemuliaan berperan penting dalam pemilihan tetua secara efisien melalui program pemuliaan tanaman. Keragaman genetik merupakan hal penting yang perlu diketahui dalam perencanaan pemuliaan, identifikasi hibrida dan plasma nutfah. Khusus dalam pemuliaan hibrida, pengenalan dan eksploitasi pola heterotik sangat penting untuk memaksimalkan heterosis. Untuk menghasilkan kultivar baru dibutuhkan waktu tiga sampai empat tahun di daerah tropis, itupun belum menjamin pelepasan sebagai kultivar baru. Oleh karena itu, para pemulia tertarik pada teknologi markah molekuler yang menawarkan suatu peluang dengan mengadopsi teknologi dalam skala luas untuk meningkatkan efisiensi seleksi, terutama dalam pemuliaan tanaman sereal.

Markah molekuler adalah suatu penanda pada level DNA yang menawarkan keleluasaan dalam meningkatkan efisiensi pemuliaan konvensional dengan melakukan seleksi tidak langsung pada karakter yang diinginkan, yaitu pada markah yang terkait dengan karakter tersebut. Markah molekuler tidak dipengaruhi oleh lingkungan dan dapat terdeteksi pada semua fase pertumbuhan tanaman. Oleh karena markah molekuler dapat mengkarakterisasi galur-galur secara langsung dan tepat pada level DNA sehingga dapat dibentuk kelompok heterotik dan pola heterotik, yang dapat memandu para pemulia dalam menyeleksi kandidat tetua hibrida secara cepat, tepat, dan efisien. Selain itu, markah-markah tersebut dapat bermanfaat dalam mengidentifikasi perbedaan tanaman secara individu melalui profil-profil unik secara alelik yang diaplikasikan dalam perlindungan kultivar tanaman.

Kemiripan genetik dari dua genotipe dapat diperkirakan secara tidak langsung dari data pedigree dan melalui markah molekuler (isozim, protein dan markah DNA). Markah DNA dapat digunakan pula sebagai alat bantu seleksi (*MAS = Marker-Assisted Selection*), di mana seleksi hanya didasarkan pada sifat genetik tanaman, tanpa intervensi faktor lingkungan. Dengan demikian, pemuliaan tanaman menjadi lebih tepat, cepat dan relatif lebih hemat biaya dan waktu.

Teknologi markah molekuler pada tanaman jagung semakin berkembang yang ditandai oleh semakin banyaknya pilihan markah DNA yaitu: (1) markah berdasarkan hibridisasi DNA seperti RFLP (*Restriction Fragment Length*

Polymorphism); (2) markah yang berdasarkan reaksi rantai polimerase (*PCR = Polymerase Chain Reaction*) dengan menggunakan sekuen-sekuen nukleotida sebagai primer, seperti RAPD (*Randomly Amplified Polymorphic DNA*) dan AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*); (3) markah yang berdasarkan PCR dengan menggunakan primer yang menggabungkan sekuen komplementer spesifik dalam DNA target, seperti STS (*Sequence Tagged Sites*), SCARs (*Sequence Characterized Amplified Regions*), SSRs (*Simple Sequence Repeats*) atau biasa juga disebut mikrosatelit, dan SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*). Markah-markah tersebut telah dikembangkan dan diaplikasikan pada sejumlah spesies tanaman, termasuk jagung.

Pemilihan markah dalam analisis genetik perlu mempertimbangkan tujuan analisis, sumber dana yang dimiliki, fasilitas yang tersedia, kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tipe markah. Keberhasilan suatu markah penyeleksi dalam kegiatan pemuliaan bergantung pada tiga syarat utama yang harus dipenuhi: (i) peta genetik dengan jumlah markah polimorfik yang cukup memadai sehingga dapat mengidentifikasi QTL (*Quantitative Trait Loci*) atau gen-gen mayor target secara akurat; (ii) markah terkait erat antara QTL atau gen mayor target pada peta genetik yang sudah dikonstruksi, dan (iii) kemampuan menganalisis sejumlah besar tanaman secara efektif.

Pada Table 1 disajikan karakteristik dari beberapa tipe markah untuk analisis genetik. Markah DNA paling banyak digunakan di sejumlah laboratorium dan markah yang lain pada umumnya merupakan varian dari markah yang dipilih. Pada Tabel 1 terlihat bahwa kemampuan deteksi dari markah isozyme dan DNA dibagi atas dua kategori, yaitu markah yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi keragaman di tingkat alel (isozyme, RFLP dan mikrosatelit), dan markah yang mampu mendeteksi keragaman di tingkat lokus (RAPD dan AFLPs). AFLPs merupakan markah DNA dengan prinsip kerja menggabungkan kelebihan dari RFLP dan RAPD, sehingga sangat baik digunakan dalam studi genetik maupun keragaman genetik. Namun demikian, penggunaan markah AFLPs di Indonesia belum meluas karena memerlukan biaya yang sangat besar dan keterampilan khusus. Markah yang informatif merupakan elemen penting yang perlu dipertimbangkan dalam membandingkan metode yang berbeda, namun faktor-faktor lain seperti biaya, tingkat keterampilan, tingkat ketelitian dan perbanyakan markah molekuler juga perlu dipertimbangkan (Karp and Edward 1998).

Tabel 1. Karakteristik dan kegunaan beberapa tipe markah untuk aplikasi genetika molekuler.

Uraian	Isozyme	RFLPs	RAPDs	SSRs	AFLPs
Sidik jari	+	++	-/+	++	+++
Keragaman genetik	+	++	-	+	+
Gen tagging	-	++	++	+	++
Pemetaan QTL	-	++	-/+	+	++
MAS	-	++	-	++	+ / ++
Prinsip kerja	Alat bantu enzim	Pemotong anendonuclease hibridisasi southern blot	Amplifikasi DNA dengan primer acak	PCR dengan ulangan sekuen pendek	Pemotongan endonuclease menggunakan adaptor dan primer khusus
Tipe folimorfis	Perubahan beban elektroforesis	Perubahan basa tunggal insersi dan delesi	Perubahan basa tunggal Insersi dan delesi	Perubahan pada panjang ulang	Perubahan basa tunggal insersi dan delesi
Kelimpahan genom	Rendah	Tinggi	Sangat tinggi	Sedang/ tinggi	Sangat tinggi
Tingkat folimorfis	Sedang/ rendah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi
Pewarisan	Ko-dominan	Ko-dominan	Dominan	Ko-dominan	Dominan/ ko-dominan
Deteksi varians alelik	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Jumlah lokus terdeteksi	1-5	1-5	1-10	1	30-100
Kebutuhan untuk informasi sekuen	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Tidak
Tingkat kesulitan	Sedang	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang/ tinggi
Reliabilitas	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Jumlah DNA diperlukan	-	2-15 mg	10-50 ng	50-100 ng	1 mg
Penggunaan radio isotop	Tidak	Ya/tidak	Tidak	Ya/tidak	Ya/tidak
Tipe probe/primer	-	gDNA/ cDNA	Random 9- atau 10-meroligo-nucleotida	Primer khusus 16-30 mer	Adapter dan primer khusus
Biaya awal	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi
Biaya pengembangan	Rendah	Sedang	Rendah	Tinggi	Sedang/ tinggi

Sumber: AMBIONET (1998)

Markah Molekuler sebagai Alat Bantu Identifikasi dan Studi Keragaman Genetik Inbrida Jagung

Dalam program pemuliaan tanaman, tersedianya materi genetik dengan keragaman yang luas sangat diperlukan untuk menghasilkan kultivar baru yang berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap faktor biotik dan abiotik. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memprediksi genotipe superior dari suatu persilangan dengan mengukur similaritas genetik (GS = *Genetic Similarity*) atau jarak genetik (GD = *Genetic Distance*) antara tetua, yang kemudian digunakan untuk mengestimasi perkiraan varians genetik pada set-set yang berbeda, dan berasal dari turunan-turunan segregasi dari hasil persilangan yang berbeda. Kultivar-kultivar baru yang akan dihasilkan atau kultivar yang telah menyebar luas perlu dipelihara kemurniannya untuk mempertahankan kualitas. Selain itu, tetua-tetua hibrida perlu mendapat perlindungan. Untuk merealisasikan hal tersebut maka markah molekuler merupakan alat bantu yang akurat.

Genotyping Galur-galur Elit Jagung

Untuk menentukan kekerabatan di antara galur-galur secara tidak langsung adalah melalui informasi pedigree. Akurasi data pedigree merupakan salah satu kunci untuk penentuan ketelitian. Namun, penggunaan informasi pedigree untuk menentukan kekerabatan galur-galur inbrida jagung kurang memadai, karena hanya beberapa generasi yang bisa dirunut ke belakang, sementara ada sejumlah galur inbrida yang berasal dari populasi bersari bebas. Smith *et al.* (1990, 1992) melaporkan, terdapat korelasi yang tinggi antara metode markah molekuler dan pedigree.

Profil dan similaritas genetik setiap genotipe dapat dilakukan secara langsung melalui analisis DNA (Smith *et al.* 1990). Pada saat teknologi DNA profiling digunakan pertama kali, RFLP menjadi perhatian utama, kemudian disusul oleh RAPD, AFLP, dan yang banyak dilakukan akhir-akhir ini adalah SSRs. Keuntungan dari SSR adalah: (i) metodenya relatif simpel; (ii) hampir semua marker adalah monolokus, dan sesuai dengan pewarisan Mendel; (iii) SSRs marker sifatnya informatif; (iv) SSR marker tersedia dalam jumlah yang banyak; dan (v) biayanya lebih efisien per genotipe dan per primer (sama dengan RADP).

Sejumlah koleksi inbrida jagung di Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) telah digenotyping dalam tiga dataset yang berbeda. Selain itu, ada enam inbrida dari CIMMYT sebagai referensi dan juga menggunakan alel standar sehingga bisa digabungkan ke dalam *public data base* (George *et al.* 2004). Inbrida referensi dan alel standar diperoleh dari laboratorium servis *Asian Maize Biotechnology Network* (AMBIONET) di IRRI, Filipina. Tabel 2 menyajikan hasil karakterisasi markah SSR dari ketiga dataset. Jumlah

Tabel 2. Hasil karakterisasi molekuler dataset-1, -2, dan -3 menggunakan markah SSR.

	Dataset-1	Dataset-2	Dataset-3
Jumlah inbrida	41 *	32 *	59 *
Jumlah lokus SSRs	42	27	25
Total alel	180	94	101
Jumlah alel rata-rata	4,3	3,5	4,0
Kisaran jumlah alel	28	28	28
Tingkat polimorfisme	0,57	0,53	0,51
Kisaran nilai polimorfisme	0,16-0,85	0,17-0,83	0,09-0,73
Jarak genetik rata-rata	0,71	0,70	0,68
Kisaran nilai jarak genetik	0,17-0,89	0,33-0,96	0,55-0,91

*termasuk inbrida standar.

alel yang diidentifikasi pada semua dataset 2-8 alel per lokus SSRs. Nilai jarak genetik rata-rata menunjukkan dataset-1 lebih tinggi dari dataset-2 dan -3, masing-masing 0,71, 0,70, dan 0,68. Data tersebut menunjukkan bahwa kekerabatan di antara inbred cukup jauh. Dengan demikian, peluang untuk memperoleh pola heterotik yang baik akan lebih besar. Vaz Patto *et al.* (2004) melakukan studi yang sama dan memperoleh nilai jarak genetik 0,63 di antara 104 inbrida jagung yang dikarakterisasi.

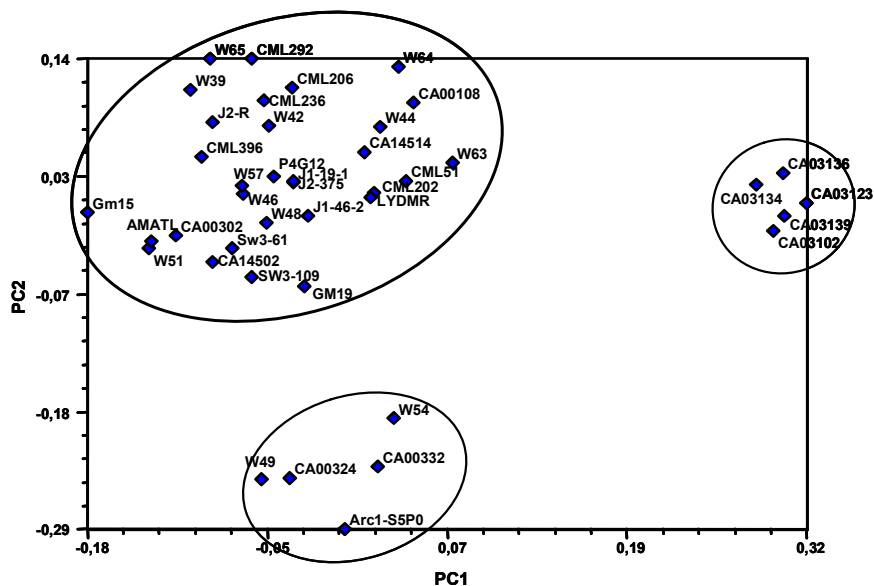
Karakterisasi Galur-galur Elit untuk Pembentukan Kelompok Heterotik

Perhatian utama dalam pogram pemuliaan jagung hibrida adalah identifikasi galur-galur murni yang mampu menghasilkan heterosis tinggi dalam persilangan (Lee *et al.* 1989). Pola heterotik merupakan faktor kunci dalam pemanfaatan plasma nutfah untuk memaksimalkan penampilan populasi persilangan dan perolehan hibrida (Eberhart *et al.* 1995). Walaupun pola heterotik seperti *Lancaster Sure Crop* dan *Reid Yellow Dent* telah diakui paling populer di Amerika Serikat, namun materi pasangan-pasangan heterotik tersebut tidak bisa digunakan di Indonesia karena kondisi lingkungan yang berbeda. Eksploitasi secara komersial dari fenomena heterosis merupakan salah satu kontribusi yang sangat penting dalam pemanfaatan hubungan genetik dalam pemuliaan tanaman (Barbosa-Neto *et al.* 1996). Tetua dengan uji daya gabung umum (DGU) tinggi dan mempunyai jarak genetik yang luas menghasilkan hibrida dengan penampilan hasil yang lebih baik dari kedua tetuanya (Cox and Murphy 1990, Diers *et al.* 1996). Kemajuan dalam penelitian genom telah menarik banyak perhatian untuk memprediksi penampilan hibrida menggunakan markah molekuler dalam program pemuliaan tanaman.

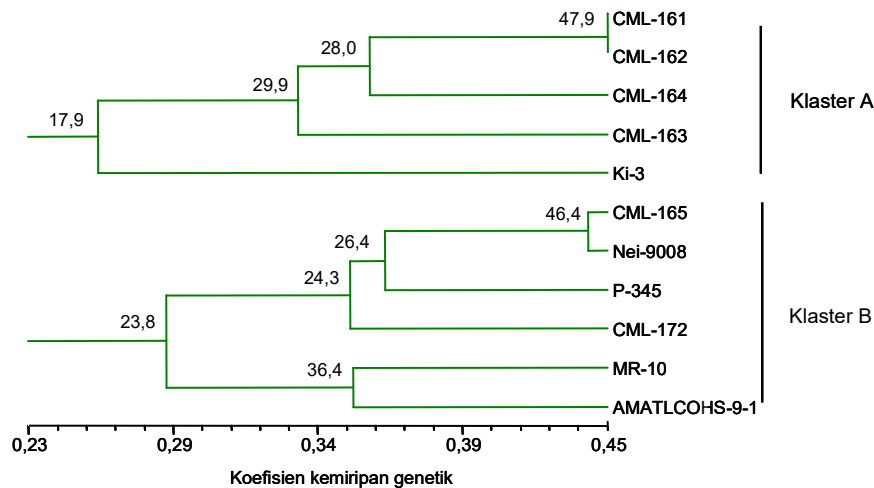
Berdasarkan informasi daya gabung pada sejumlah galur elit Balitsereal, terdapat lima inbrida yang mempunyai daya gabung yang baik di pertanaman yaitu J2-R-144, SW3-61, J1-46-2 dan J1-19-1. Hasil uji

pendahuluan menggunakan markah SSR (Pabendon *et al.* 2004), nilai jarak genetik rata-rata dikombinasikan dengan inbrida lain berturut-turut adalah 0,72, 0,77, 0,73, dan 0.74. Nilai tersebut lebih besar dari nilai rata-rata jarak genetik total yaitu 0,71. Sebagai informasi, J1-46-2 adalah Mr4 yang terpilih sebagai tester pada dataset-2 karena mempunyai daya gabung yang baik. GM19 dan GM15 juga sering dijadikan sebagai tetua hibrida karena mempunyai jarak genetik yang jauh dengan inbrida lainnya. Nilai jarak genetik yang tinggi mencerminkan calon pasangan heterotik yang baik. Penggunaan markah molekuler akan lebih akurat dalam memilih pasangan-pasangan heterotik. Selain itu,

jumlah pasangan persilangan yang akan diuji di lapangan akan jauh berkurang. Dengan demikian akan mengirit biaya, waktu, dan tenaga. Uji pendahuluan ini merupakan konfirmasi penampilan fenotipik. Hasil analisis PCoA (*Principal Coordinate Analysis*) dapat terlihat dengan jelas tiga kluster yang menunjukkan kelompok heterotik (Gambar 1). Menurut Warburton *et al.* (2005), kluster yang mengandung banyak inbrida (≥ 5 inbrida) dan menunjukkan keragaman genetik yang rendah di dalam kluster dapat dipertimbangkan sebagai kelompok heterotik potensial, dan kemungkinan akan mempunyai peluang sebagai mid-parent heterosis yang baik pada saat disilangkan dengan inbrida pada kelompok heterotik yang lain.



Gambar 1. Posisi relatif 35 inbrida jagung dengan enam inbrida referensi menggunakan 42 markah SSR berdasarkan analisis PCoA.



Gambar 2. Dendrogram enam inbida QPM dan lima inbida normal berdasarkan 24 markah SSR dan dikonstruksi berdasarkan koefisien kemiripan Jaccard.

Selain itu, ada enam inbida donor QPM (qq) dari CIMMYT dan lima inbida normal (*recurrent non QPM-DMR*) (QQ) tahan bulai juga telah dikarakterisasi menggunakan 24 markah SSR. Dendrogram (Gambar 2) menunjukkan semua inbida dapat dibedakan dengan jelas antara yang satu dengan yang lain. Tingkat kemiripan genetik berkisar antara 0,23-0,45. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kekerabatan antara satu inbida dengan inbida yang lain cukup jauh. Ada dua klaster yang terbentuk, yaitu klaster A dan klaster B. Klaster A terdiri atas lima inbida, empat di antaranya adalah inbida QPM, yaitu CML161, CML162, CML163 dan CML164, sedangkan sisanya adalah inbida normal Ki3. Klaster B terdiri atas enam inbida, empat di antaranya adalah inbida normal, yaitu Nei-9008, P-345, Mr10, dan AMATLCOH9-1, sedangkan dua lainnya adalah inbida QPM masing-masing CML165 dan CML172. Dengan demikian keempat inbida QPM pada klaster A punya peluang menghasilkan heterosis jika disilangkan dengan empat inbida normal pada klaster B, karena berada pada kelompok heterotik yang berbeda.

Nilai jarak genetik dari semua pasangan persilangan memungkinkan, berkisar antara 0,55-0,91, dengan rata-rata 0,72; klaster A berkisar antara 0,55-0,87 dengan rata-rata 0,69; klaster B berkisar antara 0,56-0,80 dengan rata-rata 0,68 (Tabel 3). Menurut El-Maghraby *et al.* (2005), metode yang digunakan akan lebih simpel, efisien, dan tidak mahal jika dapat memprediksi heterosis lebih dahulu sebelum percobaan di lapangan, dalam kaitannya dengan pengurangan sejumlah persilangan, evaluasi lapangan, dan percepatan program pemuliaan hibrida. Namun, pencapaian heterosis tinggi

Tabel 3. Matriks genetik enam inbrida QPM dan lima inbrida normal.

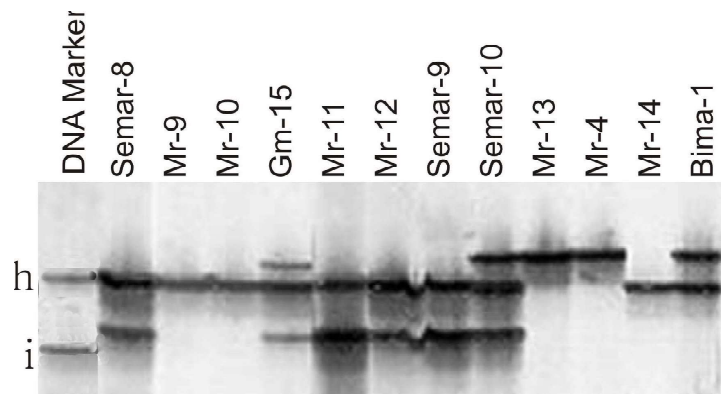
	CML-161	CML-162	CML-163	CML-164	CML-165	CML-172	Nei-9008	Ki-3	P-345	MR-10	AMATL
CML-161	0,00										
CML-162	0,55	0,00									
CML-163	0,69	0,60	0,00								
CML-164	0,65	0,64	0,72	0,00							
CML-165	0,68	0,69	0,82	0,77	0,00						
CML-172	0,67	0,73	0,73	0,70	0,61	0,00					
Nei-9008	0,81	0,82	0,87	0,76	0,56	0,68	0,00				
Ki-3	0,71	0,73	0,87	0,67	0,75	0,72	0,71	0,00			
P-345	0,75	0,77	0,80	0,78	0,62	0,66	0,65	0,84	0,00		
MR-10	0,71	0,82	0,91	0,79	0,74	0,74	0,80	0,74	0,75	0,00	
AMATL	0,68	0,78	0,83	0,78	0,62	0,66	0,72	0,85	0,70	0,65	0,00

bukan hanya berdasarkan nilai jarak genetik tetapi masih ada faktor-faktor lain yang ikut berperan, seperti potensi genetik dari inbrida itu sendiri.

Sidik Jari Kultivar dan Tetua Pembentuk Hibrida

Ada kecenderungan kultivar hibrida dalam pemuliaan tanaman mengarah pada peningkatan hasil, adaptasi, penampilan, dan kualitas. Oleh karena itu, dirasa perlu kepastian kemurnian genetik sehingga semua kultivar baru diharapkan mampu menampilkan perbedaan, keseragaman, dan stabilitas (*distinctness, uniformity, and stability=DUS*). Penentuan dan pemeliharaan kemurnian genetik galur-galur tetua dan hibrida merupakan hal yang krusial untuk keberhasilan adopsi teknologi hibrida. Markah molekuler mempunyai potensi untuk memperoleh hal tersebut (Jena and Pandey 1999, Yashitola *et al.* 2002).

Sidik jari DNA untuk spesies sereal mempunyai sejarah yang panjang. Pada saat teknologi profil DNA digunakan untuk pertama kali, RFLP menjadi model yang dipertimbangkan. Teknologi RFLP kemudian diikuti oleh RAPD, disusul oleh AFLP dan kemudian SSR atau disebut markah mikrosatelit, yang akhir-akhir ini cukup banyak digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan dibanding markah sebelumnya, antara lain: metodenya relatif simpel dan otomatis, hampir semua markernya monolokus dan mengikuti pewarisan Mendel, mempunyai polimorfisme yang tinggi, primer SSR telah tersedia banyak, dan biaya per primer per genotipe relatif murah. Zawko (2003) melakukan identifikasi kultivar gandum berbasis protein (MALDI-TOF) dan DNA (mikrosatelit) yang bertujuan mengembangkan metode pengujian untuk identifikasi kultivar dan mencari metode yang cepat untuk kultivar yang bersegregasi dalam mengetahui kualitas dan kemurniannya.



Gambar 3. Salah satu tampilan pita DNA untuk cek kemurnian genetik kultivar dan inbrida pembentuknya menggunakan markah SSR phi072.

Dari hasil identifikasi diketahui tingkat keseragaman kultivar. Dilaporkan pula bahwa sidik jari menggunakan mikrosatelit membutuhkan waktu lebih banyak dibanding jika sidik jari berbasis protein, tetapi akurasinya lebih tinggi.

Empat kultivar komersial di Indonesia (Semar-8, Semar-9, Semar-10 dan Bima-1) bersama dengan inbrida pembentuknya (Mr-4, Mr-9, Mr-10, Mr-11, Mr-12, Mr-13, Mr-14, and GM-15), telah dikarakterisasi menggunakan 26 markah SSR (Pabendon *et al.* 2005). Semar-8, -9, dan -10 merupakan hibrida silang tiga jalur sedangkan Bima-1 adalah hibrida silang tunggal. Karena silang tiga jalur melalui dua tahapan persilangan maka akan lebih sulit mempertahankan kemurniannya dibandingkan dengan silang tunggal. Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui kemurnian genetik dari kultivar hibrida yang telah dilepas. Hasil analisis kluster berdasarkan koefisien kemiripan Jaccard mengelompokkan hibrida dan masing-masing tetuanya ke dalam dua kelompok. Selanjutnya, diidentifikasi tiga tetua inbrida yaitu Mr9, Mr12, dan Mr13 mempunyai tingkat heterosigositas >20% dan selebihnya <20%.

Dari 26 markah SSR yang digunakan, diidentifikasi 10 markah SSR yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam sidik jari hibrida dan tetua pembentuknya, yaitu phi109275, phi96100, phi374118, phi072, phi109188, phi299852, phi328175, phi233376, phi065, dan umc1196. Semua tetua yang dikarakterisasi dapat dibedakan dengan menggunakan ke-10 markah tersebut karena menghasilkan alel-alel unik pada masing-masing marker. Hal tersebut menunjukkan bahwa markah SSR dapat diandalkan untuk mendeteksi kemurnian genetik dan tingkat heterosigositas jagung hibrida beserta tetua pembentuknya.

Markah Molekuler sebagai Alat Bantu Seleksi

Dalam konteks markah DNA sebagai alat bantu seleksi (Marker-Assisted Selection = MAS), pemanfaatan markah tersebut dapat menjadi lebih efektif digunakan untuk tiga tujuan dasar: (i) identifikasi galur-galur tetua dengan tepat untuk perbaikan suatu karakter untuk tujuan khusus; (ii) penelusuran alel-alel *favorable* (dominan atau resesif) pada tiap generasi persilangan; (iii) identifikasi individu-individu target sesuai dengan karakter yang dituju di antara turunan yang bersegregasi, berdasarkan komposisi alelik persilangan sebagian atau seluruh genom.

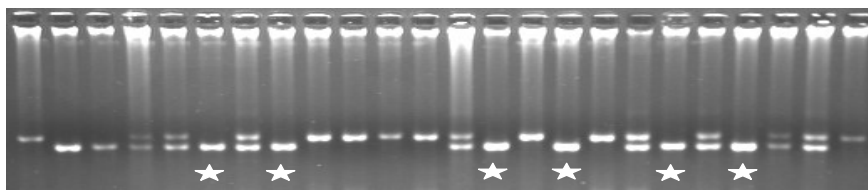
Identifikasi Galur-Galur Tetua untuk Tujuan Khusus

Markah DNA dapat digunakan untuk mengidentifikasi plasma nutfah yang memiliki karakter khusus yang diperlukan dalam program pemuliaan

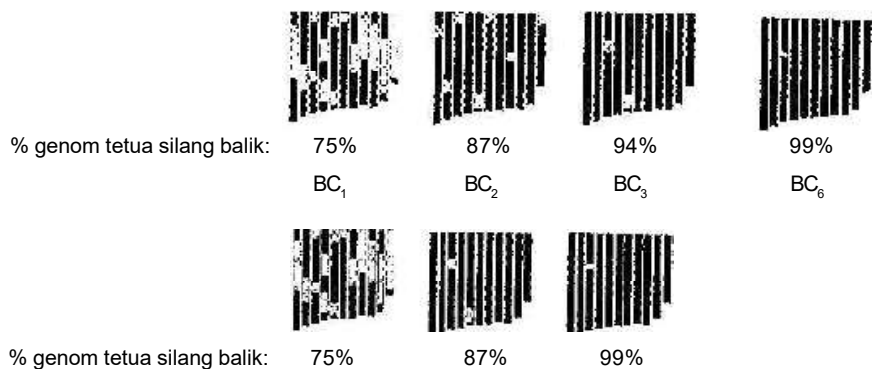
sepanjang markah DNA tersebut berasosiasi dengan gen yang mengendalikan karakter yang diinginkan. Misalnya resistensi penyakit bulai pada tanaman jagung dapat dikarakterisasi secara molekuler pada alel tertentu dengan markah RFLP dan SSR (George *et al.* 2003). Dengan pendekatan ini, maka tetua yang memiliki komposisi alel yang dikehendaki pada alel yang mengatur karakter penting dapat dengan mudah diidentifikasi. Analisis sidik jari (*fingerprinting*) pada galur-galur jagung elit akan memberikan informasi dalam merencanakan program pemuliaan untuk membuat segregasi baru, kultivar hibrida, dan sintetik unggul baru atau juga dapat digunakan oleh pemulia tanaman dalam menentukan persilangan baru. Walaupun informasi dari kelompok heterotik tidak selalu mampu menghasilkan kombinasi persilangan terbaik, namun dengan pendekatan ini dapat membantu mengurangi jumlah persilangan maupun keturunan bersegregasi yang diperlukan untuk dievaluasi lebih lanjut. Dengan demikian, efisiensi pemuliaan dapat ditingkatkan melalui seleksi terarah berdasarkan data fenotipik dan molekuler.

Menelusuri Alel yang Diinginkan

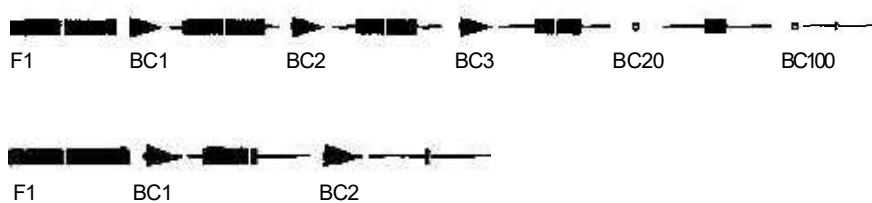
Markah DNA dapat digunakan untuk menelusuri keberadaan gen target (*foreground selection*) dan mempercepat pemulihan genom tetua *recurrent* (*background selection*) pada program pemuliaan silang balik. Keberhasilan metode MAB (*Marker assisted backcrossing*) dalam meningkatkan efisiensi pemuliaan konvensional dapat dijelaskan sebagai berikut: (i) bila fenotipe tetua yang mengandung gen target tidak mudah diamati, maka progeni BC (*Back Cross*) yang mengandung gen dari tetua donor dapat diseleksi menggunakan markah yang berlokasi dekat dan berasosiasi kuat dengan gen target. Misalnya pembentukan jagung berkualitas protein tinggi (QPM = *Quality Protein Maize*) dengan cara mentransfer alel resesif mutan opaque-2 ke jagung normal dengan menggunakan markah SSR (Gambar 4, Babu *et al.* 2005); (ii) markah dapat digunakan untuk mempercepat dan mengefisienkan seleksi progeni silang balik yang memiliki porsi genom dari tetua



Gambar 4. Identifikasi individu tanaman resesif homosigot untuk alel *o-2* pada populasi tanaman generasi BC₂S₂ dengan menggunakan markah umc 1066. Pita DNA pertama adalah galur tetua non QPM (P1), pita DNA ke-2 adalah galur tetua QPM (P2), individu tanaman bertanda * adalah homosigot untuk alel mutan *opaque2* recessive (Babu *et al.* 2005).



Gambar 5. Perbandingan penerapan metode seleksi secara konvensional (bagian atas) dan metode yang menggunakan markah RFLP sebagai alat bantu seleksi (bagian bawah) dalam metode pemuliaan silang balik (Young and Tanksley 1989).



Gambar 6. Perbandingan kekuatan seleksi untuk introgresi gen dari kerabat liar ke plasma nutfah komersial dengan metode seleksi silang balik secara konvensional (bagian atas) dan metode yang menggunakan markah RFLP sebagai alat bantu seleksi (bagian bawah) (Young and Tanksley 1989).

silang balik yang memiliki porsi terbesar (99%) dan juga telah memiliki gen target (1%) (Gambar 5); (iii) markah dapat digunakan untuk menghindari transfer gen yang tidak diinginkan meskipun terpaut dengan gen target (*linkage drag*) (Gambar 6).

Penggunaan markah sebagai alat bantu seleksi dalam metode pemuliaan silang balik seperti disajikan pada Gambar 5 dapat meningkatkan efisiensi seleksi dan mengurangi jumlah generasi silang balik menjadi separuh waktu, dibandingkan dengan seleksi konvensional murni. Untuk menghindari *linkage drag* pada metode seleksi secara konvensional, diperlukan 10 kali generasi silang balik, sedangkan penggunaan markah sebagai alat bantu seleksi hanya membutuhkan dua kali generasi silang balik. Penggunaan markah DNA seperti yang diilustrasikan pada poin (ii) dan (iii) sudah berkembang luas, terutama dalam menyeleksi galur-galur jagung transgenik yang memiliki ketahanan terhadap herbisida dan resisten terhadap hama (Ragot *et al.* 1995).

MAS untuk Pengembangan Karakter Kualitatif

Selama ini pemuliaan tanaman untuk karakter kualitatif berhasil dikembangkan melalui pemuliaan konvensional dengan metode silang balik. Seperti dijelaskan sebelumnya, metode ini ternyata mengandung beberapa kelemahan, di antaranya selain butuh waktu yang lama juga besarnya *linkage drag* pada saat dilakukan introgresi gen donor dari plasma nutfah liar ke plasma nutfah komersial. Young dan Tanksley (1989) melaporkan adanya *linkage drag* pada saat mengintrogresikan gen ketahanan *Tm2* yang berasal dari *Lycopersicon peruvianum* pada kultivar tomat komersial melalui pemuliaan silang balik. Mereka menemukan bahwa kultivar yang dikembangkan melalui 20 generasi silang balik yang memiliki segmen yang diintrogresikan sebesar 4cM dan kultivar yang dikembangkan melalui 11 generasi silang balik masih mengandung seluruh lengan kromosom yang membawa gen dari tetua donor.

Pemuliaan silang balik dengan memanfaatkan markah DNA dapat memfasilitasi introgresi gen pengendali karakter kualitatif menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu contoh keberhasilan MAS untuk pengembangan karakter kualitatif adalah pemanfaatan SSR markah sat309 untuk menyeleksi genotipe yang memiliki gen *rhg1* yang mengendalikan ketahanan terhadap SCN (*soybean cyst nematode*) yang disebabkan oleh *Heterodera glycinae* (Cregan *et al.* 1999). Markah DNA SSR sat309 diketahui berlokasi 1-2 cM dari *rhg1* dan dapat memprediksi dengan tingkat akurasi 99% genotipe rentan SCN.

Keberhasilan yang sama juga ditemukan dalam pemuliaan QPM. Pemuliaan yang bertujuan untuk perbaikan mutu protein jagung telah dilakukan secara intensif setelah Mertz *et al.* (1964) menemukan mutan jagung pada biji opak yang mengandung lisin tinggi, gen opaque-2. Gen opaque-2 (o-2) mampu meningkatkan kadar lisin dan triptofan pada endosperm jagung. Namun pada awal kegiatan pemuliaan tersebut, jagung yang mengandung gen opaque-2 memiliki endosperm yang lunak sehingga menyulitkan dalam proses pengeringan dan peka penyakit. Setelah melalui serangkaian penelitian yang cukup panjang, pemuliaan dengan metode silang balik secara konvensional telah berhasil mengkonversi gen opaque-2 ke dalam jagung biasa dengan kandungan lisin dan triptofan meningkat lebih dua kali lipat dengan endosperm berfenotipik keras (Vasal 2001).

Meskipun prosedur pemuliaan secara konvensional telah berhasil mengubah kultivar-kultivar komersial ke dalam bentuk kultivar QPM sintetik, namun introgresi opaque-2 bersama dengan modifiers endosperm ke dalam galur-galur elit dengan pemuliaan secara konvensional cukup rumit karena adanya tiga faktor pembatas utama: (i) pada setiap generasi persilangan memerlukan enam generasi silang balik dan setiap generasi

silang balik memerlukan silang diri untuk mengidentifikasi gen resesif opaque-2; (ii) selain memerlukan pemeliharaan gen opaque-2 homosigot, jumlah modifiers yang harus diseleksi cukup banyak; (iii) pengujian secara biokimia secara tepat diperlukan untuk memastikan kadar lisin dan tiptofan dalam materi-materi yang terseleksi pada setiap generasi pemuliaan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, peneliti CIMMYT telah berhasil mengembangkan kombinasi teknologi yang inovatif berdasarkan markah SSR terhadap alel o-2, sehingga terjadi efisiensi waktu dan biaya dalam mengkonversikan galur-galur jagung normal ke dalam QPM. Ada tiga markah SSR yang telah diidentifikasi pada kromosom tujuh, bin 7,01 yang memiliki hubungan erat dengan gen opaque-2, yaitu phi057, phi 112, dan umc1066 (CIMMYT 2002). Dengan pemanfaatan markah SSR tersebut, waktu yang diperlukan untuk memulihkan tingkat genom tetua silang balik hanya tiga generasi secara berturut-turut, setara dengan enam generasi silang balik pada seleksi konvensional. Selain itu, tingkat kesalahan dalam merekombinasikan antargen target dan pautan markah berkurang selama markah SSR dapat mendeteksi gen target itu sendiri. Pengujian biokimia yang secara rutin dilakukan untuk mendeteksi keberadaan gen opaque-2 pada setiap generasi pada pemuliaan secara konvensional murni tidak diperlukan lagi. Oleh karena itu, MAS yang berdasarkan markah SSR untuk mengkonversi galur jagung normal ke dalam QPM cukup sederhana, cepat, akurat, dan efisien dari segi biaya dan waktu (Dreher *et al.* 2000).

Pengembangan karakter kualitatif dengan MAS juga dapat berupa gen *tagging* dan *pyramiding*. Gen *tagging* merupakan cara cepat dan tepat untuk menyeleksi individu tanaman yang digunakan dengan menggunakan markah yang terpaut kuat untuk suatu karakter, seperti gen resisten terhadap penyakit blas dan *bacterial blight* pada padi dan karat daun pada gandum melalui pendekatan analisis segregasi bulk (*Bulk Segregation Analysis* = BSA), tanpa memerlukan uji lapangan. Metode gen *tagging* dan *pyramiding* berpeluang besar diaplikasikan untuk mempercepat perbaikan sifat tanaman jagung komersial.

MAS untuk Pengembangan Karakter Kuantitatif

Masalah yang sering timbul dari kegiatan pemuliaan untuk perkaitan kultivar unggul baru adalah sebagian besar karakter agronomi penting tanaman sangat kompleks dan dikendalikan oleh banyak gen. Ketidakterpautan karakter sederhana yang dikendalikan oleh satu atau beberapa gen mayor, perbaikan karakter poligenik melalui MAS menjadi sangat rumit. Kesulitan memanipulasi karakter kuantitatif berhubungan dengan kompleksitas genetiknya, sebab banyak gen yang terlibat dalam ekspresinya, namun efek dari setiap gen tersebut terhadap penampilan fenotipe tanaman kecil. Adanya

interaksi antara gen-gen (epistasis) juga merupakan faktor penghambat dalam memanipulasi karakter kuantitatif. Dengan demikian, diperlukan beberapa lokasi genom yang harus dimanipulasi pada waktu yang sama untuk mendapatkan pengaruh yang nyata, meskipun untuk menghasilkan efek yang nyata pada suatu lokasi genom pada individu tanaman tidak mudah. Untuk kasus ini, reposisi pengujian lapangan diperlukan untuk mengkarakterisasi efek QTL secara akurat dan menguji stabilitasnya pada beberapa lingkungan yang berbeda. Evaluasi interaksi QTL dengan lingkungan (Q x E) secara kontinu merupakan pembatas utama terhadap efisiensi MAS (Beavis and Keim 1996). Kehadiran interaksi epistasis di daerah yang berbeda pada genom dapat mempengaruhi pengujian arah efek QTL. Jika semua lokasi genom yang terlibat dalam interaksi tidak menyatu dalam skema seleksi, efek QTL dari proses seleksi tersebut akan menjadi bias.

Penghambat yang paling menonjol dalam melakukan MAS pada karakter kuantitatif menurut Tanksley dan Nelson (1996) antara lain adalah: (i) identifikasi jumlah terbatas pada mayor *players* (QTLs) pengendali karakter spesifik; (ii) defisiensi percobaan dalam analisis QTL terutama dalam estimasi berlebihan atau estimasi yang sangat rendah dalam jumlah dan efek QTL; (iii) ketiadaan yang bersifat umum dalam validasi QTL (markah) yang berhubungan dengan penerapan set materi pemuliaan yang berbeda; (v) kekuatan interaksi antar-QTL x E; dan (vi) kesulitan dalam mengevaluasi efek epistasis dengan tepat.

Meskipun sulit, namun tidak berarti peningkatan efisiensi MAS untuk karakter kuantitatif tidak dapat dilakukan. Melalui perbaikan rancangan percobaan di lapangan, penyempurnaan model matematika dan pendekatan metode statistik yang tepat akan sangat membantu upaya peningkatan efisiensi MAS pada karakter kuantitatif. Untuk kejadian tersebut, dengan CIM (*Composite Interval Mapping*), data lapangan dari lingkungan yang berbeda dapat diintegrasikan ke dalam analisis gabungan untuk mengevaluasi Q x E, dan selanjutnya, memungkinkan identifikasi QTL yang stabil dari beberapa lingkungan (Jiang and Zeng 1995). Selain itu, dengan peta pautan secara rinci, CIM mampu mengidentifikasi suatu presisi pada QTL dalam genom dan identifikasi yang terbaik terhadap pautan QTL (gabungan), yang berasal dari beberapa galur tetua. Markah DNA berbasis DNA menawarkan keuntungan yang unik untuk identifikasi dan penggunaan QTL *favourable*, yang berasal dari suatu galur tetua yang berbeda (*repulsion*).

Pengetahuan lokasi dan efek QTL dapat dimanfaatkan untuk percepatan program pemuliaan. Beberapa contoh kasus aplikasi markah sebagai alat bantu seleksi karakter kuantitatif yang menggunakan metode AB-QTL (*Advanced Backcrossing-QTL*) telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti Tanksley dan Nelson (1996) untuk perbaikan kualitas buah dan ketahanan tomat terhadap patogen penyebab *blackmold* dan Stuber *et al.* (1999) untuk

peningkatan hasil hibrida silang tunggal B73 x Mo17. Prospek pengembangan karakter kuantitatif pada tanaman jagung cukup besar setelah lokasi mayor QTL untuk karakter toleransi terhadap kekeringan dapat diidentifikasi oleh Ribaut *et al.* (2002), identifikasi karakter ketahanan terhadap *South Western Corn Borer* (SWBC) oleh Khairallah *et al.* (1997), identifikasi karakter ketahanan terhadap *Cercospora zeae-maydis* oleh Gordon *et al.* (2004), dan identifikasi karakter ketahanan penyakit bulai oleh George *et al.* (2003).

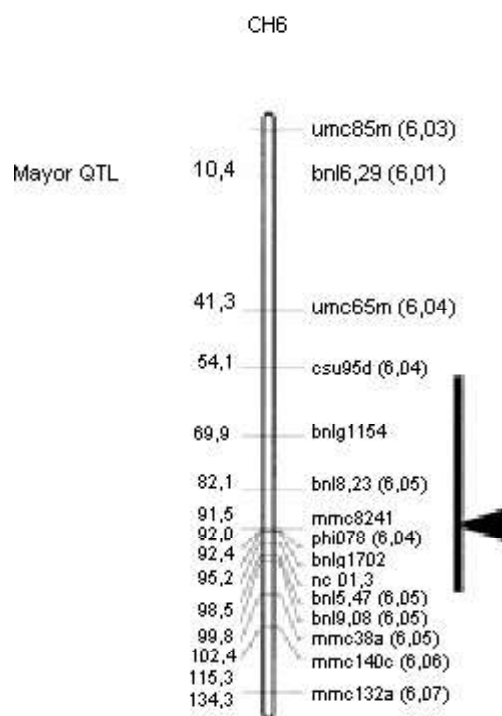
MARKAH MOLEKULER DALAM PENELITIAN JAGUNG DI INDONESIA

Penelitian dan pengembangan biologi molekuler dalam pemuliaan jagung di Indonesia belum berkembang luas. Kegiatan tersebut baru dimulai sejak Indonesia bergabung dalam jaringan kerja regional Asia pada tahun 1998, yakni Asian Maize Biotechnology Network (AMBIONET) yang beranggotakan lima negara pada tahap I, yakni Cina, Filipina, Indonesia, Thailand, India dan pada tahap II juga bergabung Vietnam. Kegiatan pada tahap I (1998-2002) meliputi peningkatan sumber daya manusia, karakterisasi dan identifikasi ketahanan penyakit bulai, dan keragaman genetik galur-galur jagung. Karena laboratorium Biologi Molekuler berkedudukan di BB Biogen (dulu Balitbio), maka kegiatan molekuler dilakukan oleh tim AMBIONET di BB Biogen, sedangkan kegiatan lapangan dilaksanakan oleh tim AMBIONET di Balitsereal (dulu Balitjas). Pembagian tugas tersebut ternyata tidak efektif sehingga pada tahap I Indonesia belum berhasil dalam kegiatan molekuler, sedangkan di lapangan telah berhasil mengidentifikasi ketahanan penyakit bulai terhadap 40 galur jagung di lima lokasi pada dua musim. Selain itu, tim lapangan juga berhasil melakukan kegiatan fenotyping untuk pemetaan QTL ketahanan penyakit bulai di Maros (Indonesia).

Belajar dari pengalaman tahap I dan keberhasilan yang dicapai oleh Cina dan India, maka kegiatan molekuler pada tahap II dilakukan oleh Tim AMBIONET dari Balitsereal yang dimagangkan di Laboratorium BB Biogen, Bogor. Pada tahap II Indonesia telah berhasil mengidentifikasi QTL untuk ketahanan penyakit bulai pada jagung dengan menggunakan markah RFLP dan SSR (Gambar 7), untuk identifikasi QTL ketahanan kekeringan pada populasi F_3 dan RIL, introgresi gen resesif opaque-2 pada galur jagung tahan bulai (Nei9008), dan pemanfaatan markah SSR untuk mengidentifikasi diversitas genetik antara galur-galur jagung untuk membentuk kelompok heterotik yang diperlukan dalam pembentukan hibrida. Mayor QTL yang teridentifikasi oleh markah RFLP adalah bnl5,47, bnl8,23, dan csu95d berasosiasi kuat dengan ketahanan penyakit bulai pada jagung di Indonesia (Gambar 7). Setelah dilakukan *fine mapping* dengan markah SSR, ternyata

di antara *flanking* markah tersebut teridentifikasi satu markah SRR yang berada pada posisi antara bnl5,47 dan bnl8,23, yaitu bnl1154 dan empat markah SSR yang berada pada posisi antara bnl8,23 dan csu95d, yaitu mmc0241, phi078, bnl1702 dan nc013. Markah-markah tersebut juga berasosiasi kuat dengan ketahanan penyakit bulai pada empat lokasi di tiga negara yakni India, Filipina, dan Thailand (George *et al.* 2003). Markah-markah SSR yang secara konsisten berasosiasi kuat dengan gen ketahanan penyakit bulai pada jagung tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi seleksi dan mempercepat introgresi gen tahan bulai dengan metode AB-QTL.

QTL untuk ketahanan kekeringan pada jagung juga telah dianalisis menggunakan data markah RFLP sebagai data genotyping dan hasil penyaringan kekeringan di Purbolinggo pada tahun 2004. Beberapa markah RFLP berasosiasi dengan beberapa karakter agronomis untuk toleransi genotipe uji terhadap kekeringan, yaitu parameter kapasitas akar dan



Gambar 7. Posisi mayor QTL untuk ketahanan penyakit bulai yang diidentifikasi oleh markah RFLP dan SSR berdasarkan hasil pengujian di Maros dan Bogor.

bobot 100 biji untuk genotipe F_3 dan untuk genotipe RIL adalah tinggi tanaman dan letak tongkol, selang berbunga jantan betina, kapasitas akar dan umur berbunga betina. Namun demikian, markah yang mendeteksi karakter ketahanan tersebut tidak konsisten antara populasi F_3 dan RIL sehingga diperlukan *fine mapping* untuk menentukan posisi mayor QTL dengan tepat. Tidak semua markah yang terdeteksi berasosiasi dengan QTL terhadap suatu karakter dapat digunakan sebagai MAS, tetapi hanya markah yang berasosiasi dengan QTL yang memiliki efek yang sangat kuat mengendalikan karakter penting tersebut. Kekuatan efek suatu QTL ditentukan oleh kerapatan pautan gen pada suatu lokus, tingkat konsistensi jumlah QTL, lokasi dan efek genetik dan stabilitas dari pengaruh lingkungan (Babu *et al.* 2002).

Pemilihan galur tahan bulai didasarkan pada hasil penyaringan yang dilakukan oleh Kasim *et al.* (2002) dari 40 galur dengan metode inokulasi semibuatan di lima lokasi dan dua musim di Indonesia. Saat ini, kegiatan MAS telah berhasil mengintrogresikan gen resesif opaque-2 pada galur Nei9008 dan untuk galur Mr-10 masih memerlukan satu kali MAS dan silang diri. Dengan demikian, diharapkan 2-3 tahun mendatang dapat dilepas kultivar unggul baru bermutu protein tinggi dan tahan terhadap penyakit bulai.

Pemanfaatan markah molekuler untuk mempercepat proses seleksi dan meningkatkan efisiensi perakitan jagung unggul baru dengan sifat-sifat khusus cukup prospektif. Kendala yang sering timbul adalah seolah-olah antara peneliti biologi molekuler dengan pemulia jagung berjalan sendiri-sendiri sehingga sulit mencapai hasil yang diharapkan. Oleh karena itu, diperlukan terobosan baru yang mampu mempersatukan kegiatan penelitian pemulia dengan penelitian biologi molekuler sehingga tercipta suatu tim kerja yang sinergis. Sangat bijaksana jika balai komoditas dilengkapi dengan laboratorium mini biologi molekuler untuk mendekatkan hasil penelitian dari peneliti biologi molekuler dengan pemulia yang bertugas melakukan eksekusi di lapangan.

PROSPEK PENELITIAN DI MASA DATANG

Pengembangan teknologi markah DNA memungkinkan para pemulia memanfaatkan pendekatan genetik secara Mendelian untuk mempercepat kegiatan pemuliaan. Salah satu kesulitan yang umum dihadapi adalah biaya yang relatif tinggi. Namun markah yang berbasis PCR, seperti SSR, mempunyai rasio multipleks yang tinggi, yang menyebabkan teknologi markah DNA lebih efektif dengan mengimbangi biaya pengeluaran informasi yang diperoleh.

Dengan mengetahui informasi keragaman genetik sejumlah koleksi inbrida akan lebih mudah dan lebih efektif memilih inbrida-inbrida yang mempunyai potensi heterosis tinggi tanpa harus melakukan banyak persilangan di lapangan. Dengan demikian diharapkan sejumlah kultivar yang bisa dilepas akan meningkat dalam waktu relatif singkat. Markah informatif seperti SSR sangat diperlukan untuk itu karena sifatnya yang multiallel dan kodominan.

Untuk mempertahankan kualitas dan memproteksi tanaman, markah mikrosatelit juga dapat diandalkan untuk melakukan sidik jari kultivar. Kemajuan dalam bidang bioteknologi sangat cepat sehingga tidak menutup kemungkinan akan muncul markah-markah molekular baru yang mungkin lebih baik dan lebih efisien.

Walaupun bioteknologi berperan penting dalam pertanian, khususnya pemuliaan tanaman, namun fakta menunjukkan bahwa 50% dari produk pertanian dunia dihasilkan melalui pemuliaan konvensional. Beberapa aspek yang mendasar memang tidak dapat digantikan oleh bioteknologi. Jadi, bagi para pemulia, markah molekuler berfungsi sebagai alat bantu dalam memecahkan masalah yang dihadapi dalam pemuliaan tanaman secara konvensional.

PENUTUP

Markah mikrosatelit atau SSR dapat dimanfaatkan untuk mengkarakterisasi galur-galur pada level DNA. Namun kesimpulan yang akurat tidak dapat diambil tanpa dukungan data markah fenotipik. Penelitian secara komprehensif diperlukan untuk bisa memanfaatkan markah SSR secara efisien, khususnya dalam upaya mengeksplorasi keragaman genetik plasma nutfah dan menetapkan kelompok dan pola heterotik yang lebih jelas dan bermanfaat. Peningkatan kualitas produk akan semakin menjadi tuntutan di masa mendatang, seperti peningkatan kandungan protein pada jagung dan mempertahankan kemurnian kultivar yang telah dilepas. Markah mikrosatelit adalah salah satu alat bantu molekuler yang relatif mudah dilakukan.

Teknologi markah DNA telah banyak dimanfaatkan oleh peneliti jagung di beberapa negara dan cukup prospektif dikembangkan untuk membantu percepatan dan peningkatan efisiensi seleksi dalam program pemuliaan jagung di Indonesia. Melalui jalinan kerja sama AMBIONET telah berhasil diidentifikasi lokus karakter kuantitatif (QTL) ketahanan jagung terhadap penyakit bulai dan karakterisasi keragaman genetik dan homosigositas galur-galur elit yang berguna bagi pengembangan jagung hibrida. Selain itu, juga sedang dilakukan perbaikan kualitas protein jagung dengan mengintrogresi-

kan gen resesif opaque-2 ke galur jagung elit tahan bulai. Locus karakter kuantitatif dari beberapa parameter agronomis yang terpaut dengan karakter ketahanan terhadap kekeringan juga berhasil diidentifikasi, namun masih memerlukan studi lebih lanjut sebelum melakukan *fine mapping* dalam rangka MAS.

DAFTAR PUSTAKA

- AMBIONET. 1998. Molecular marker applications to plant breeding. AMBIONET's First Training Workshop, 9 November-4 December 1998. CIMMYT Headquarters, El Batan, Mexico.
- Babu, R., S.K. Nair, and B.M. Prasanna. 2005. Integrating marker assisted selection in crop breeding: prospect and challenges. *In* Manual molecular marker applications in plant breeding. ICAR Short-Term Training Course. September 26- October 5 2002. Division of Indian Agricultural Research Institute. New Delhi 110012.
- Barbosa-Neto, J.F., M.E. Sorrels, and G. Cisar. 1996. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of percentage and RFLP-based estimates of genetic relationship. *Genome* 39:1142 - 1149.
- Beavis, N.D. and P. Keim. 1996. Identification of QTL that are effected by environment. *In*: M.S. Kang and H.G. Gauch (Eds.). Genotype-by-environment Interaction. CRC Press, p.123-149.
- CIMMYT. 2002. SSR markers for opaque-2. Service lab protocols. Applied biotechnology laboratory. CIMMYT, Mexico.
- Cox, T.S., G.L. Lookhart, D.E. Walker, L.G. Harrell, L.D. Albert, and D.M. Rodgers. 1985. Genetic relationship among hard red winter wheat cultivars as evaluated by pedigree analysis and gliadin polyacrilamide gel electrophoretic patterns. *Crop Sci.* 25:1058 - 1063.
- Cox, T.S. and J.P. Murphy. 1990. The effect of parental difergence on F2 heterosis in winter wheat crosses. *Theor. Appl. Genet.* 79: 169-171.
- Cregan, P.B., J. Mudge, J.P. Kenworthy, W.J. Kenworthy, J.H. Orf, and N.D. Young. 1999. Two simple sequence repeat markers to select for soybean cyst nematode resistance conditioned by *rgl* locus. *Theor. Appl. Genet.* 99:172-181.
- Diers, B.W., P.B. McVetty, and T.C. Osborn. 1996. Relationship between heterosis and genetic distance based on RFLP markers in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Sci.* 36:79-83.

- Dreher, K. Morris, M. Khairallah, J.M. Ribaut, S. Pandey, and G. Sinivasan. 2000. Is marker assisted selection cost-effective compared to conventional plant breeding methods? The case of quality protein maize. Paper presented at the Fourth Annual Conference of the International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICBR). Economics of agricultural biotechnology "held in Ravello", Italy, from 24-28 August 2000.
- Eberhart, S.A., W. Salhuana, W.R. Sevilla, and S. Taba. 1995. Principles of tropical maize breeding. *Maydica* 40:339-355.
- El-Maghraby, M.A., M.E. Moussa, N.S. Hana, and H.A. Agrama. 2005. Combining ability under drought stress relative to SSR diversity in common wheat. *Euphytica* 14:301-308.
- George, M. L. C., B.M. Prasanna, R.S. Rathore, T.A.S. Setty, N.N. Singh, F. Kasim, M. Azrai, S. Vasal, O. Balla, E. Regalado, M. Vargas. M. Khairallah, D. Jeffers, and D. Hoisington. 2003. Identification of QTL conferring resistance to downy mildews of maize in Asia. *Theor. Appl. Genet.* 107:544-551.
- George, M.L.C., E. Regalado, W. Li, M.Cao, M. Dahlan, M. Pabendon, M.L. Warburton, X. Xianchun, and D. Hoisington. 2004. Molecular characterization of Asian maize inbred lines by multiple laboratories. *Theor. Appl. Genet.* 109:80-91.
- Gordon Stuart G., M. Bartsch, I. Matthies, H.O. Gevers, P. E. Lipps, and R.C. Pratt. 2004. Linkage of molecular markers to *cercospora zeae-maydis* resistance in maize. *Crop Sci.* 44:628-636.
- Guzhov, Y. 1989. Genetics and plant breeding for agriculture. Mir Publisher. Moscow.
- Jena, K.K. and S.K. Pandey. 1999. DNA markers for purification of A and B lines for hybrid rice improvement. *Hybrid Rice News Lett.* 2(1): 13-14.
- Jiang, C. and Z.B. Zeng. 1995. Multiple trait analysis of genetic mapping for quantitative trait loci. *Genetics* 140:1111-1127.
- Karp, A. and K. Edwards. 1998. DNA markers: a global overview. *In: Caetano-Anolles and P.M. Gresshoff (Eds.). DNA markers: protocols, applications, and overviews.* p. 1-14. Wiley-VCH, New York.
- Kasim, F., M. Azrai, Sutrisno, and D. Ruswandi. 2002. Preliminary marker assisted selection breeding program for downy mildew resistance in Indonesia. Proceedings of the 8th Asian Regional Workshop, Bangkok, Thailand, 5 August 2002. Kasetsart University. p. 82-90.

- Khairallah, M., M. Bohn, C. Jiang, J.A. Deutsch, D.C. Jewell, J.A. Mihm, A.E. Melchinger, D. Gonzales-de-Leon, and D.A. Hoisington. 1997. Molecular mapping of QTL for southwestern corn borer resistance, plant height and flowering in tropical maize. *Plant Breed.* 117: 309-318.
- Lamadji, M.J., L. Hakim, dan Rustidja. 1999. Akselerasi pertanian tangguh melalui pemuliaan nonkonvensional. *Prosiding Simposium V Pemuliaan Tanaman. PERIPI Komda Jawa Timur.* p. 28-32.
- Lee, M., E.B. Godshalk, K.R. Lamkey, and W.L. Wooman. 1989. Association of restriction length polymorphism among maize inbreds with agronomic performance of their crosses. *Crop Sci.* 29:1067-1071.
- Mayo, O. 1980. *The theory of plant breeding.* Clarendon Press. Oxford
- Mertz, E.T., L.S. Bates, and O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279-280.
- Pabendon, M.B., E. Regalado, Sutrisno, M. Dahlan, dan M.L. George. 2004. Pembentukan kelompok genotipe jagung berdasarkan markah SSR (Simple Sequence Repeat). *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 22(1):23-30.
- Pabendon, M.B., M. J. Mejaya, Subandi, dan M. Dahlan. 2005. Sidik jari empat kultivar jagung hibrida beserta tetuanya berdasarkan markah mikrosatelit. *Zuriat* 16 (2):192-200.
- Ragot, M, A. Beeville, and M. Tarsac. 1995. Marker assisted back crossing: a practical example in techniques et utilisations des marquees moleculaires, *Les Colloques, Institute National de la recherch  agronomique* 72:45-56.
- Ribaut, J.M., C. Jiang, and D. Hoisington. 2002. Simulation experiments on efficiencies of gene introgression by backcrossing. *Crop Sci.* 42:557-565.
- Shivanna, K.R. and Sawhney. 1997. Pollen biology and pollen biotechnology: an introduction. *In: Shivanna and Saehney (Eds.). Pollen biotechnology for crop production and improvement.* Cambridge University Press.
- Smith, J.S.C., O.S. Smith, S. Wright, S.J. Wall, and M. Walton. 1992. Diversity of U.S. maize hybrid germplasms as develop by restriction fragment length polymorphism. *Crop Sci.* 32: 598-604.
- Smith, O.S., J.S.C. Smith, S.L. Bowen, R.A. Tenborg, and S.J. Wall. 1990. Similarities among a group of elite maize inbreds as measured by pedigree, F1-grain yield, heterosis, and RFLPs. *Theor. Appl Genet.* 80: 833-840.

- Stoskopf, N.C., D.T. Thomes, and B.R. Christie. 1993. Plant breeding, theory and practice. Westview Press. Oxford.
- Stubber C.W., M.D. Edwards, and J.F. Wendel. 1999. Synergy of empirical breeding, marker-assisted selection, and genomics to increase yield potential. *Crop Sci.* 39:1571-1583.
- Tanskley, S.D. and J.C. Nelson. 1996. Advanced backcross QTL analysis a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm in to elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92:191-203.
- Vasal, S.K. 2001. High quality protein corn. p. 85-129. *In*: A.R. Hallauer (Ed.). Specialty corns, second ed. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Vaz Patto M.C., Z. Satovic, S. Pego, and P. Fevreiro. 2004. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. *Euphytica* 137: 63-72.
- Warburton, M.L., J.M. Ribaut, J. Franco, J. Crossa, P. Dubreuil, and F.J. Betran. 2005. Genetic characterization of 218 elite CIMMYT maize inbred lines using RFLP markers. *Euphytica* 142:97-106.
- Yashitola, J., T. Thirumurugan, R.M. Sundaram, M.K. Naseerullah, M.S. Ramesha, N.P. Sarma, and R.V. Sonti. 2002. Assessment of purity of rice hybrids using microsatellite and STS markers. *Crop Sci.* 42:1369-1373.
- Young, N.D. and S.D. Tanskley. 1989. RFLP analysis of the size of the chromosomal segments retained around the *tm-2* locus of tomato during backcross breeding. *Theor. Appl. Genet.* 77:353-359.
- Zawko, G. 2003. Protein and DNA methods for variety identification. *Agribusiness crops up dates*.



Jagung Transgenik dan Perkembangan Penelitian di Indonesia

Sustiprijatno

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan
Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor*

PENDAHULUAN

Jagung dibudidayakan secara komersial di lebih dari 100 negara dengan produksi sekitar 705 juta metrik ton. Pada tahun 2004 produsen jagung terbesar di dunia berturut-turut adalah Amerika Serikat, Cina, Brasil, Meksiko, Perancis, dan India (Agbios GM Data Base 2007).

Pada umumnya jagung dibudidayakan untuk digunakan sebagai pangan, pakan, bahan baku industri farmasi, makanan ringan, susu jagung, minyak jagung, dan sebagainya. Di negara maju, jagung banyak digunakan untuk pati sebagai bahan pemanis, sirup, dan produk fermentasi, termasuk alkohol. Di Amerika, jagung banyak digunakan untuk bahan baku pakan (Agbios GM Data Base 2007).

Di Indonesia jagung merupakan bahan pangan kedua setelah padi. Selain itu, jagung juga digunakan sebagai bahan baku industri pakan dan industri lainnya. Hal ini mengakibatkan kebutuhan jagung di dalam negeri terus meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memenuhi kebutuhan jagung harus dilakukan impor, terutama dari Amerika.

Diperkirakan kebutuhan jagung dalam negeri sampai tahun 2010 akan terus meningkat sehubungan dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan dan pakan. Oleh karena itu, produksi jagung dalam negeri perlu ditingkatkan sehingga volume impor dapat dikurangi dan bahkan ditiadakan.

Ketergantungan akan jagung impor berdampak buruk terhadap keberlanjutan penyediaan jagung di dalam negeri mengingat komoditas ini di negara produsen utama telah digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk bahan baku bioenergi. Di Amerika Serikat, misalnya, telah dicanangkan penggunaan jagung sebagai sumber bioenergi. Pada saatnya nanti akan terjadi persaingan penggunaan jagung untuk pangan, pakan, bahan baku industri, dan bioenergi.

Apabila kebutuhan jagung nasional masih bergantung pada impor dikhawatirkan akan mematikan industri pangan dan pakan berbasis jagung

karena berkurangnya pasokan bahan baku. Hal ini mengancam ketahanan pangan dan keberlanjutan usaha peternakan.

Upaya peningkatan produksi jagung dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain melalui perbaikan genetik tanaman. Perbaikan genetik jagung bertujuan untuk mengatasi kendala pertumbuhan tanaman, terutama cekaman lingkungan biotik dan abiotik.

Perbaikan genetik jagung dapat dilakukan secara konvensional maupun melalui rekayasa genetik (*genetic engineering*). Dengan berkembangnya bioteknologi, perbaikan genetik jagung melalui rekayasa genetik akan menjadi andalan dalam pemecahan masalah per Jagung di masa mendatang. Seperti diketahui, pemuliaan secara konvensional mempunyai keterbatasan dalam mendapatkan sifat unggul dari tanaman. Dalam rekayasa genetik jagung, sifat unggul tidak hanya didapatkan dari tanaman jagung itu sendiri, tetapi juga dari spesies lain sehingga dapat dihasilkan tanaman transgenik. Jagung Bt merupakan tanaman transgenik yang mempunyai ketahanan terhadap hama, di mana sifat ketahanan tersebut diperoleh dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (Herman 1997).

Tulisan ini membahas aspek yang berkaitan dengan perakitan jagung transgenik dan prospek pengembangannya.

PERAKITAN JAGUNG TRANSGENIK

Kendala pemanfaatan sumber genetik dalam pemuliaan konvensional dapat diatasi melalui rekayasa genetik yang bertujuan untuk mendapatkan tanaman yang mempunyai daya hasil tinggi dan tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Penggunaan teknologi rekayasa genetik pada tanaman jagung berkembang pesat setelah pertama kali Gordonn-Kamm *et al.* (1990) berhasil mendapatkan tanaman jagung transgenik yang fertil. Hal ini merupakan terobosan dalam pengembangan dan pemanfaatan plasma nutfah dalam penelitian di bidang biologi tanaman jagung. Teknologi rekayasa genetik merupakan teknologi transfer gen dari satu spesies ke spesies lain, di mana gen interes berupa suatu fragmen DNA (donor gen) ditransformasikan ke dalam sel atau tanaman inang (akspetor gen) untuk menghasilkan tanaman transgenik yang mempunyai sifat baru. Terdapat dua metode dalam pemanfaatan teknologi transfer gen, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Metode transfer gen secara langsung di antaranya adalah:

a. Elektroforasi (*electroporation*)

Metode ini menggunakan protoplas sebagai inang. Dengan bantuan polyetilen glikol (PEG), DNA interes terpresipitasi dengan mudah dan

kontak dengan protoplas. Setelah dilakukan elektroforasi dengan voltase yang tinggi permeabilitas protoplas menjadi lebih tinggi, sehingga DNA melakukan penetrasi ke dalam protoplas. Metode elektroforasi telah diaplikasikan pada protoplas jagung (Fromm *et al.* 1985) dan berhasil mendapatkan tanaman jagung transgenik (Rhodes *et al.* 1988) tetapi tidak fertil.

- b. Penembakan partikel (*Particle bombardment*), yaitu teknologi yang menggunakan metode penembakan partikel atau *gen gun*. DNA yang melapisi partikel ditembakkan secara langsung ke dalam sel atau jaringan tanaman (Klein *et al.* 1988). Partikel yang mengandung DNA tersebut menembus dinding sel dan membran, kemudian DNA berdifusi dan menyebar di dalam sel secara independen. Metode transformasi dengan penembakan partikel pertama kali diaplikasikan pada jagung oleh Gordon-Kamm *et al.* (1990) dan berhasil mendapatkan jagung transgenik yang fertil.
- c. Karbid silikon (*silicon carbide*), yaitu teknologi transfer gen di mana suspensi sel tanaman inang dicampur dengan serat karbid silikon yang mengandung DNA plasmid dari gen interest, kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro dan dilakukan pemutaran dengan vortex. Serat silikon karbida berfungsi sebagai jarum injeksi mikro (*micro injection*) untuk memudahkan perpindahan DNA ke dalam sel tanaman. Metode ini telah digunakan dan menghasilkan tanaman jagung transgenik yang fertil (Kaeppeler *et al.* 1990)

Transfer gen secara tidak langsung, yaitu transfer gen yang dilakukan melalui bantuan bakteri *Agrobacterium* (tidak langsung ditransfer ke sel atau tanaman). Gen yang berupa fragmen DNA disisipkan pada plasmid Ti (*tumor inducing*) dari bakteri *Agrobacterium*. Melalui bakteri tersebut Ti yang mengandung fragmen DNA diinfeksi ke dalam inti sel dan berintegrasi dalam genom tanaman. Metode ini menghasilkan jagung transgenik yang fertil dan efisien (Ishida *et al.* 1996, Hamilton *et al.* 1996, Zhao *et al.* 1998).

Rekayasa genetik melalui transformasi *Agrobacterium tumefaciens* (*A. tumefaciens*) telah banyak dilakukan pada tanaman monokotiledon, seperti padi dan jagung, sehingga digunakan sebagai teknologi standar (rutin) untuk melakukan modifikasi genetik terhadap spesies yang beragam (Komari and Kubo 1999, Ishida *et al.* 1996).

Keunggulan penggunaan transformasi melalui *A. tumefaciens* adalah:

- a. Mempunyai frekuensi transformasi yang tinggi
- b. Dapat terintegrasinya gen asing ke dalam genom inang
- c. Mempunyai jumlah *copy number* yang rendah, sehingga memudahkan untuk membedakan sifat ekspresi tanaman transgenik itu sendiri.

Studi tentang infeksi *A. tumefaciens* pada tanaman jagung pertama kali dilaporkan oleh Grimsley *et al.* (1988) dan Gould *et al.* (1991). Peneliti yang melaporkan pertama kali bahwa transformasi melalui *A. tumefaciens* dapat diterapkan pada spesies sereal adalah Chan *et al.* (1992) dan Hiei *et al.* (1994), dengan menggunakan embrio muda sebagai eksplan.

Ishida *et al.* (1996) telah berhasil mendapatkan tanaman jagung transgenik yang fertil. Tanaman jagung yang digunakan sebagai eksplan adalah genotipe A188 dan hasil persilangan A188 dengan genotipe lainnya. Dengan tingkat frekuensi yang tinggi, yaitu antara 5% dan 30%, hampir semua tanaman jagung transgenik yang didapatkan mempunyai morfologi yang normal dan lebih dari 70% merupakan tanaman fertil. Setelah dilakukan analisis secara molekuler dan genetik, turunan dari tanaman jagung transgenik mempunyai stabilitas dalam integrasi dan ekspresi. *Copy number* dari gen tertransfer yang terintegrasi adalah satu dan dua kopi, hanya sedikit yang mengalami *rearrangement*.

Lima jenis *A. tumefaciens* yang telah dikarakterisasi dengan latar belakang kromosom yang berbeda dan kandungan plasmid Ti-nya dapat digunakan karena membawa vektor dengan konstruksi kimerik sistem biner yang diatur oleh promotor *CaMV35S*. Kelima strain tersebut adalah C58c1, Agt121, EHA101, EHA105, HA105 and LBA4404 (Chan *et al.* 1992, Smith and Hood 1995, Hiei *et al.* 1994).

Protokol yang dapat dilakukan untuk pengulangan transformasi jagung melalui *A. tumefaciens* adalah menggunakan super vektor biner, di mana *A. tumefaciens* dapat membawa ekstra kopi bagi *virB*, *virC*, dan *virG* (Komari 1990) untuk menginfeksi embrio muda, baik dari *inbred line* (Ishida *et al.* 1996, Negroto *et al.* 2000) maupun *hybrid line* (Zhao *et al.* 1998).

Penggunaan vektor biner yang standar juga dapat menghasilkan transformasi yang stabil, walaupun mempunyai frekuensi transformasi yang rendah (Gould *et al.* 1991). Frame *et al.* (2002) telah berhasil mendapatkan metode transformasi jagung yang stabil dengan frekuensi transformasi yang tinggi, yaitu 5,5%, di mana untuk meningkatkan efisiensi tersebut digunakan penambahan L-Cys pada medium kokultivasi.

Keberhasilan metode transformasi melalui *A. tumefaciens* memberikan peluang bagi perbaikan genetika tanaman jagung dengan efisiensi yang tinggi. Efisiensi transformasi yang tinggi diperlukan untuk dapat menghasilkan tanaman transgenik yang mempunyai ekspresi yang kuat dari sifat gen yang diinginkan.

JAGUNG BT

Salah satu hambatan yang paling besar dalam upaya peningkatan produksi jagung adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), seperti hama dan penyakit tanaman. Serangan OPT pada tanaman jagung selain menurunkan produksi juga mengurangi pendapatan petani dan adanya residu pestisida dalam jumlah besar yang menyebabkan polusi lingkungan.

European corn borer (ECB), *Ostrinia nubilalis*, merupakan hama jagung di Amerika dan Kanada yang dapat merugikan 1 milyar dolar Amerika per tahun. Hama ECB dapat dieliminasi oleh pestisida kimia, tetapi hanya dapat diaplikasi pada areal yang terbatas (kurang dari 20%), karena aplikasi pestisida sulit dilakukan dan diperlukan aplikasi lain dalam mengontrol ECB.

Tersedianya bioaktif dari kristal protein yang dikode oleh gen *Bt*, memungkinkan modifikasi genetik tanaman jagung yang disisipi dengan gen *Bt* untuk menghasilkan jagung transgenik *Bt* (*Bt corn*). *Bt* protein yang dihasilkan oleh gen *Bt* dapat meracuni hama yang menyerang tanaman jagung. Setelah dimakan oleh *corn borer*, *Bt* protein dipecah oleh suatu enzim pemecah dalam pencernaan yang bersifat alkalin dari larva serangga dan menghasilkan protein pendek yang mengikat dinding pencernaan. Pengikatan dapat menyebabkan kerusakan membran sel sehingga larva berhenti beraktivitas (Syngenta Seeds Communication 2003).

Gen *Bt* disolasi dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* yang telah digunakan petani di negara maju sebagai pestisida hayati sejak puluhan tahun yang lalu (Herman 2002). *B. thuringiensis* menghasilkan protein kristal *Bt*, atau *Crystal protein* (*Cry*) yang merupakan protein endotoksin yang bersifat racun bagi serangga (insektisidal) (Held *et al.* 1982, Macintosh *et al.* 1990). Namun protein endotoksin yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* tidak melakukan pengikatan pada permukaan pencernaan sel mamalia, karena itu hewan ternak dan manusia tidak tahan terhadap protein tersebut (Agbios GM Data Base 2007).

Terdapat delapan kelompok gen *Bt* berdasarkan sifat virulensinya (Herman 2002), tetapi yang sudah banyak ditransformasikan ke dalam tanaman jagung adalah yang menghasilkan jenis *Bt* endotoksin dari gen *CryIAb*. Protein *Cry* dari gen ini hanya menghasilkan satu jenis yang mengikat pada lokasi spesifik dari serangga target (Agbios GM Data Base 2007).

Produksi jagung *Bt* pada saat ini didominasi oleh Amerika, di mana areal pertanamannya pada tahun 2000 telah mencapai 92% dari total areal pertanaman jagung. Keuntungan diperoleh dari pertanaman jagung *Bt* di Amerika mencapai 141 juta dolar (59%) dari total keuntungan sebesar 240 juta dolar Amerika (Herman 2002).

Pertanaman jagung Bt mempunyai dampak positif terhadap lingkungan karena dapat menekan penggunaan pestisida. Pengurangan pestisida berarti menurunkan biaya produksi. Di negara bagian Iowa, Amerika Serikat, yang mempunyai 80% areal jagung Bt terjadi pengurangan penggunaan pestisida hingga 600 ton (Teng 2001).

Dampak positif lain dari pertanaman jagung Bt adalah ketahanan tanaman terhadap jamur toksin dari *Fusarium* penyebab busuk tongkol, dibandingkan dengan jagung non-Bt yang mengalami kerusakan berat. Berdasarkan hasil analisis mikotoksin, jagung Bt mempunyai kandungan fumonisin 1,5 ppm, sedangkan jagung non-Bt mempunyai kadar yang lebih tinggi, mencapai 14,5 ppm (Fuller 1999).

Penelitian menunjukkan bahwa penanaman jagung Bt tidak berpengaruh terhadap serangga berguna seperti laba-laba, *coccinellid*, *chrysopid*, *nabid*, dan aman terhadap burung puyuh *Northern Bobwhite* (McLean and MacKenzie 2001).

JAGUNG TRANSGENIK KOMERSIAL

Pada umumnya jagung transgenik komersial diproduksi oleh perusahaan swasta, terutama dari Amerika. Berbagai jenis jagung transgenik dengan perlakuan, metode transformasi, tujuan penggunaan, perusahaan pembuatnya, dan persetujuan terhadap peraturan yang berlaku disajikan pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Jagung transgenik YN-IR6Ø4-5 (MIR604).

Organisme inang	<i>Zea mays</i> L. (maize)				
Perlakuan	Tahan terhadap <i>corn root worm</i> (Coleopteran, <i>Diabrotica</i> sp.)				
Metode transformasi	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>				
Tujuan penggunaan	Untuk konsumsi pangan (<i>wet mill or dry mill or seed oil</i>), tepung dan disimpan untuk pakan ternak.				
Perusahaan pembuat	Syngenta Seeds, Inc.				
Persetujuan terhadap peraturan yang berlaku.					
Negara	Lingkungan	Pangan dan/ atau pakan	Pangan	Pakan	Pemasaran
Australia			2006		
Amerika Serikat	2007	2007			

Tabel 2. Jagung transgenik. MON-ØØ81Ø-6 (MON810).

Organisme inang	<i>Zea mays</i> L. (maize) Yieldgard®				
Perlakuan	Tahan terhadap European corn borer (<i>Ostrinia nubilalis</i>).				
Metode transformasi	Microparticle bombardment dari sel atau jaringan tanaman				
Tujuan penggunaan	Untuk konsumsi pangan (<i>wet mill or dry mill or seed oil</i>), tepung dan disimpan untuk pakan ternak				
Perusahaan	Monsanto Company				
Persetujuan terhadap peraturan yang berlaku.					
Negara	Lingkungan	Pangan dan/ atau pakan	Pangan	Pakan	Pemasaran
Argentina	1998		1998	1998	
Australia			2000		
Kanada	1997		1997	1997	
Cina		2004			
Uni Eropa	1998	1998			1998
Jepang	1996		1997	1997	
Korea			2002	2004	
Meksiko		2002			
Fillipina	2002		2002	2002	
Afrika Selatan	1997		1997	1997	
Swiss			2000	2000	
Taiwan			2002		
Amerika Serikat	1995	1996			
Uruguay	2003	2003			

Tabel 3. Jagung transgenik EN-ØØØ38-3 (LYØ38).

Organisme inang	<i>Zea mays</i> L. (maize)				
Perlakuan	Meningkatkan kandungan lysine				
Metode transformasi	Microparticle bombardment				
Tujuan penggunaan	Untuk pakan ternak.				
Perusahaan	Monsanto Company				
Persetujuan terhadap peraturan yang berlaku.					
Negara	Lingkungan	Pangan dan/ atau pakan	Pangan	Pakan	Pemasaran
Kanada	2006		2006	2006	
Jepang			2007		
Fillipina		2006			
Amrika Serikat	2006	2005			

PERKEMBANGAN PENELITIAN JAGUNG TRANSGENIK DI INDONESIA

Sampai saat ini belum banyak dilaporkan perkembangan jagung transgenik di Indonesia. Namun Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen) telah melakukan penelitian terhadap jagung Bt yang tahan terhadap hama (Tabel 4).

Sejak 2006 BB Biogen melakukan penelitian transformasi gen transporter nitrit (*CsNitr-L*) yang bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan N. Pemakaian pupuk N pada jagung selama ini mengalami banyak kehilangan akibat adanya nitrifikasi, denitrifikasi, penguapan, dan pencucian.

Pada dasarnya pupuk N yang diserap tanaman hanya sekitar 50%, sehingga terjadi inefisiensi. Jika gen *CsNitr1-L* diintroduksi pada tanaman jagung, diharapkan akan meningkatkan efisiensi pemupukan N dan adanya tambahan hara N pada jagung akan meningkatkan hasil.

Mekanisme efisiensi N adalah berdasarkan alur biokimia dari asimilasi N-nitrat, di mana sumber nitrat yang sedikit diserap oleh tanaman jagung nontransgenik akan dapat dengan mudah digunakan oleh tanaman transgenik yang mengandung gen *CsNitr1-L*. Sumber nitrat yang berlebihan bagi tanaman jagung dapat menyebabkan keracunan karena dalam asimilasinya menghasilkan senyawa nitrit yang beracun. Hal ini mengakibatkan kapasitas penyerapan nitrat oleh tanaman jagung menjadi rendah untuk melakukan keseimbangan alamiah guna menghindari keracunan nitrit dalam sel plastid.

Gen *CsNitr1-L* mampu memindahkan dengan cepat nitrit dari plastid menuju sel kloroplas untuk diubah menjadi sumber N amonium yang tersedia bagi pembentukan asam amino. Dengan semakin banyaknya nitrit yang ditranspor ke kloroplas, maka pembentukan asam amino sebagai bahan utama pembentukan protein akan semakin banyak dan tanaman tumbuh lebih produktif.

Tabel 4. Status kegiatan jagung transgenik di BB Biogen.

Jenis kegiatan	Sifat	Gen interes	Status
Transformasi melalui penembakan partikel	Tahan terhadap penggerek batang	<i>Protein inhibitor II (PinII)</i>	-
Fasilitas uji terbatas Lapangan uji terbatas Uji multilokasi	Tahan <i>Asian Corn borer</i>	<i>Bt</i>	Aman hayati

Sumber: Herman (2002).

Perakitan tanaman transgenik dengan gen *CsNitr1-L* telah dilakukan pada padi dan menghasilkan tanaman transgenik yang lebih sehat secara morfologis dibandingkan dengan tanaman padi nontransgenik (Sustipriyatno 2006).

Mengacu pada pemenuhan kebutuhan jagung dalam negeri yang masih impor, peluang pengembangan jagung transgenik masih terbuka luas. Dalam kaitan ini, beberapa kendala yang mencakup sumber daya manusia, biaya, dan peralatan serta koordinasi dan kerja sama antarlembaga terkait perlu mendapatkan perhatian untuk dicarikan jalan keluarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbios GM Data Base. 2007. <http://www.agbios.com/dbase.php?>
- Chan, M.T., T.M. Lee, and H.H. Chang. 1992. Transformation of indica rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Cell Physiol. 33:577-583.
- Frame, B.R., H. Shou, R.K. Chikwamba, Z. Zhang, C. Xiang, T.M. Fonger, S.E.K. Pegg, B. Li, D.S. Nettleton, D. Pei, and K. Wang. 2002. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of maize embryos using a standard binary vector sistem. plant physiology, 129(1):13-22.
- Fromm, M.E., L.P. Taylor, and V. Walbot. 1985. Expression of genes transferred into monocot and dicot plant cells by electrophoration. Proc Natl Acad Sci USA 82:5824-5828.
- Fuller, G. 1999. Safety assessment of genetically modified corn: a case study. Regional Symposium on Genetically Modified Foods: Benefits and Awareness. Bangkok, March 17-18, 1999.
- Gordon-Kamm, W.J., T.M. Spencer, M. Mangano, T.R. Adams, R.J. Daines, W.G. Start, J.V. O'Brien, S.A. Chambers, W.R. Adams, and N.G. Willetts. 1990. Transformation of maize cells and regeneration of fertile transgenic plants. Plant Cell 2: 603-618.
- Gould, J., M. Devery, O. Hasegawa, E.C. Ullan, G. Peterson, and R.H. Smith. 1991. Transformation of *Zea mays* L. using *Agrobacterium tumefaciens* and the shoot apex. Plant Physiol. 95: 426-434.
- Grimsley, N.H., C. Ramos, T. Heln, and B. Hohn. 1988. Meristematic tissues of maize plants are most susceptible to Agrobacterium infection with maize streak virus. Bio/Technique 6: 185-189.

- Hamilton, C.M., A. Frary, C. Lewis, and S.D. Tanksley. 1996. Stable transfer of intact high molecular weight DNA into plant chromosomes. *Proc Natl Acad Sci. USA* 93: 9975-9979.
- Held, G.A., L.A. Bulla, E. Jr. Ferrari, J. Hoch, and A.I. Aronson. 1982. Cloning and localization of the lepidopteran protoxin gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 79:60-65.
- Herman, M. 1997. Insect resistant via genetic engineering. *In*: A. Darussamin, I.P. Kompang, and S. Moeljopawiro (*Eds.*). *Proceedings Second Conference on Agricultural Biotechnology*. Jakarta, 13-15 June 1995. Current Status of Agricultural Biotechnology in Indonesia, Research and Development and Priorities, Agency for Agricultural Research and Development, Ministry of Agriculture: 217-226.
- Herman, M. 2002. Perakitan tanaman tahan serangan hama melalui teknik rekayasa genetik. *Buletin AgroBio* 5(1): 1-13.
- Herman, M. 1996. Rekayasa genetik untuk perbaikan tanaman. *Buletin AgroBio* 1(1):24-34.
- Hiei, Y., S. Ohta, T. Komari, and T. Kumashiro. 1994. Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-DNA. *Plant J.* 6:271-282.
- Ishida, Y., Saito, S. Ohta, Y. Hiei, T. Komari, and T. Kumashito. 1996. High efficiency transformation of maize (*Zea mays* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Nature Biotechnol.* 14:745-750.
- Kaeppler, H.F., W. Gu, D.A. Sommers, H.W. Rines, and A.F. Cockburn. 1990. Silicon carbide fiber mediated DNA delivery into plant cells. *Plant Cell Rept.* 9:415-418.
- Klein, T.M., M. Fromm, A. Weissinger, D. Tomes, S. Scahaa, M. Sletten, and J. Sanford. 1988. Transformation of maize cells using high velocity microprojectile. *Proc. Natl. Aca. Sci. USA.* 85:4305-4309.
- Komari, T. 1990. Transformation of callus cells of *chenopodium quinoa* by binary vectors that carry a fragment of DNA from the virulence region of pTi Bo542. *Plant Cell Rep* 9: 303-306.
- Komari, T. and T. Kubo. 1999. Methods of genetic transformation: *Agrobacterium tumefaciens*. *In*: I.K. Vasil (*Ed.*). *Molecular improvement of cereal crops*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 43-82.
- MacIntosh, S.C., T.B. Stone, S.R. Sims, P. Hunst, J.T. Greenplate, P.G. Marrone, F.J. Perlak, D.A. Fischhoff, and R.L. Fuchs. 1990. Specificity and efficacy of purified *Bacillus thuringiensis* proteins against agronomically important species. *J. Insects Path.* 56:95-105.

- McLean, M.A. and D.J. MacKenzie. 2001. Principles and practice of environmental safety assessment of transgenic plants. Materials presented for Food Safety and Environmental Assessment Workshop. Bogor, April 10-12, 2001.
- Negroto, D., M. Jolley, S. Beer, A.R. Wench, and G. Hansen. 2000. The use of phosphomannose-isomerase as selectable marker to recover transgenic maize plants (*Zea mays*, L.) via *Agrobacterium* transformation. *Plant Cell Rep* 19:798-803.
- Rhodes, C.A., D.A. Pierce, I.J. Mettler, D. Mascarenhas, and J.J. Detmer. 1988. Genetically transformed maize plants from protoplasts. *Science* 240:204-207.
- Smith, R.H. and E.E. Hood. 1995. Review and interpretation: *Agrobacterium tumefaciens* transformation of monocotyledons. *Crop Sci.* 35:301-309.
- Sustiprijatno, M. Sugiura, K. Ogawa, and M. Takahashi. 2006. Improvement of nitrate and nitrite-dependent growth of rice by the introduction of constitutively chloroplastic nitrite transporter. *Plant Biotech.* 23:47-54.
- Syngenta Seeds Communication. 2003. Kernels of gold: the fact of Bt corn. Syngenta Seeds AG, Basel, Switzerland.
- Teng, P. 2001. Who are the beneficiaries of biotechnology aside from multinational companies? Biotechnology Awareness and Risk Communication Workshop. Bogor, February 14-15, 2001. ISAB and ISAAA.
- Zhao, Z.Y., W. Gu, T. Cai, L.A. Tagliani, D.A. Hondred, D. Bond, S. Krell, M.L. Rudert, W.B. Bruce, and D.A. Pierce. 1998. Molecular analysis of T₀ plants transformed by *Agrobacterium* and comparison of *Agrobacterium*-mediated transformation with bombardment transformation in maize. *Maize Genet Coo Newslett.* 72: 34-37.

Pengelolaan Benih Jagung

Sania Saenong, M. Azrai, Ramlah Arief, dan Rahmawati
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas jagung adalah mengembangkan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi dan adaptif pada kondisi lingkungan tertentu. Untuk itu diperlukan benih bermutu prima. Kemudahan memperoleh benih unggul bermutu merupakan insentif yang diperlukan petani untuk meningkatkan produksi jagungnya.

Tiga hal penting yang berkaitan dengan kualitas benih adalah: (1) teknik produksi benih berkualitas; (2) teknik mempertahankan kualitas benih yang telah dihasilkan dan pendistribusian; dan (3) teknik deteksi atau mengukur kualitas benih. Selanjutnya, tiga kriteria kualitas benih yang perlu diketahui adalah: (a) kualitas genetik, yaitu kualitas benih yang ditentukan berdasarkan identitas genetik yang telah ditetapkan oleh pemulia dan tingkat kemurnian dari varietas yang dihasilkan, identitas benih yang dimaksud tidak hanya ditentukan oleh tampilan benih, tetapi juga fenotipe tanaman; (b) kualitas fisiologi, yaitu kualitas benih yang ditentukan oleh daya berkecambah/daya tumbuh dan ketahanan simpan benih; (c) kualitas fisik, ditentukan oleh tingkat kebersihan, keseragaman biji dari segi ukuran maupun bobot, kontaminasi dari benih tanaman lain atau biji gulma, dan kadar air.

Sebelum teknologi benih berkembang, perhatian terhadap kualitas benih difokuskan pada cara mempertahankan dan menentukan kualitas benih. Hal ini penting artinya, tetapi perlu disadari bahwa kualitas benih ditentukan mulai dari proses prapanen. Panen dan pascapanen hanya merupakan upaya untuk mempertahankan kualitas benih yang telah dicapai. Perbedaan kualitas dari lot benih (sebelum benih disimpan) dapat terjadi karena adanya perbedaan lingkungan pertumbuhan (tingkat kesuburan tanah, iklim, dan cara budi daya), waktu dan cara panen, cara pengeringan, pemipilan, pembersihan, sortasi (*grading*), pengemasan, dan distribusi.

TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH SUMBER JAGUNG KOMPOSIT

Jagung merupakan tanaman menyerbuk silang yang sekitar 95% penyerbukan terjadi antara tanaman yang satu dengan tanaman yang lain.

Varietas komposit atau bersari bebas terbentuk dari campuran gen yang sangat kompleks dari hibrida-hibrida dan masing-masing tanaman bersifat heterozigot. Dalam proses pembentukannya, varietas bersari bebas pada umumnya dibentuk melalui seleksi famili dengan berbagai metode seleksi perbaikan populasi, seperti seleksi saudara kandung, saudara tiri, seleksi massa, dan berbagai modifikasinya. Dengan demikian, varietas jagung bersari bebas tidak memiliki keseragaman penampilan di lapangan seperti halnya hibrida. Ketidakseragaman tersebut dapat diminimalisasi jika suatu varietas bersari bebas mengalami penyeleksian atau penyesuaian diri pada kondisi lingkungan tertentu sehingga mampu memperlihatkan keseragaman fenotipe.

Varietas bersari bebas telah mencapai keseimbangan genetik apabila dari generasi ke generasi berikutnya menghasilkan gamet dan genotipe yang sama. Varietas bersari bebas yang sudah dilepas praktis telah mencapai keseimbangan genetik dan tidak mengalami perubahan selama dalam populasi yang banyak dalam suatu blok perkawinan secara acak, tidak terjadi seleksi, tidak ada migrasi atau pencampuran/perkawinan dengan varietas lain, dan tidak ada perbedaan mutasi ke dua arah (Bernardo 2002).

Jumlah tanaman minimum yang bisa diterima supaya tidak memberikan pengaruh silang dalam (*inbreeding*) adalah 250 tanaman, namun jumlah tanaman 400-500 dianggap lebih baik. Persyaratan tersebut harus dipenuhi dalam sertifikasi benih dasar (BD), benih pokok (BP), dan benih sebar (BR).

Benih penjenis adalah benih pemulia yang diproduksi di bawah pengawasan pemulia tanaman, dan merupakan benih sumber untuk memperbanyak benih dasar dengan warna label kuning. Benih dasar merupakan keturunan pertama dari benih penjenis yang diproduksi di bawah bimbingan yang intensif dan pengawasan yang ketat dari pemulia atau pengawas benih, sehingga kemurnian varietas dapat terpelihara dengan warna label putih. Benih pokok merupakan keturunan dari benih dasar yang diproduksi dan dipelihara sedemikian rupa, sehingga identitas maupun tingkat kemurnian varietas memenuhi standar mutu yang ditetapkan dan disertifikasi sebagai benih pokok dengan warna label ungu. Benih sebar merupakan keturunan dari benih pokok yang diproduksi dan dipelihara sedemikian rupa sehingga identitas dan tingkat kemurniannya dapat dipelihara dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan dan disertifikasi sebagai benih sebar dengan warna label biru.

Mempertahankan kemurnian benih jagung varietas bersari bebas juga berarti mempertahankan keseimbangan genetik dari varietas tersebut. Jadi memperbanyak benih varietas bersari bebas adalah memproduksi benih dengan mempertahankan kemurnian dari varietas bersari bebas itu sendiri (Fehr 1987, Subandi *et al.* 1998).

Teknik Produksi

Dalam memproduksi benih jagung bersari bebas, ada dua aspek penting yang perlu mendapat perhatian, yaitu standar lapangan dan standar laboratorium.

Standar lapangan: Isolasi jarak 300 m atau isolasi waktu 30 hari dan campuran varietas lain (CVL) maksimum 2% untuk benih dasar dan benih pokok, sedangkan untuk benih sebar 3%.

Standar laboratorium: Kadar air maksimum 12%, benih murni minimum 98%, kotoran benih maksimum 2%, CVL maksimum 0% untuk benih dasar, 0,1% untuk benih pokok, dan 1,0% untuk benih sebar, biji tanaman lainnya 0,5% untuk benih dasar dan benih pokok, 1,0% untuk benih sebar, daya tumbuh minimum 80%.

Standar lapangan berupa isolasi jarak atau isolasi waktu diperlukan untuk mencegah terjadinya persilangan dengan varietas lain. Standar laboratorium selain diperlukan untuk menjamin kemurnian genetik benih, juga diperlukan untuk menjamin mutu fisiologis benih sehingga memiliki daya tumbuh yang tinggi, lebih vigor, dan tahan terhadap organisme pengganggu tanaman.

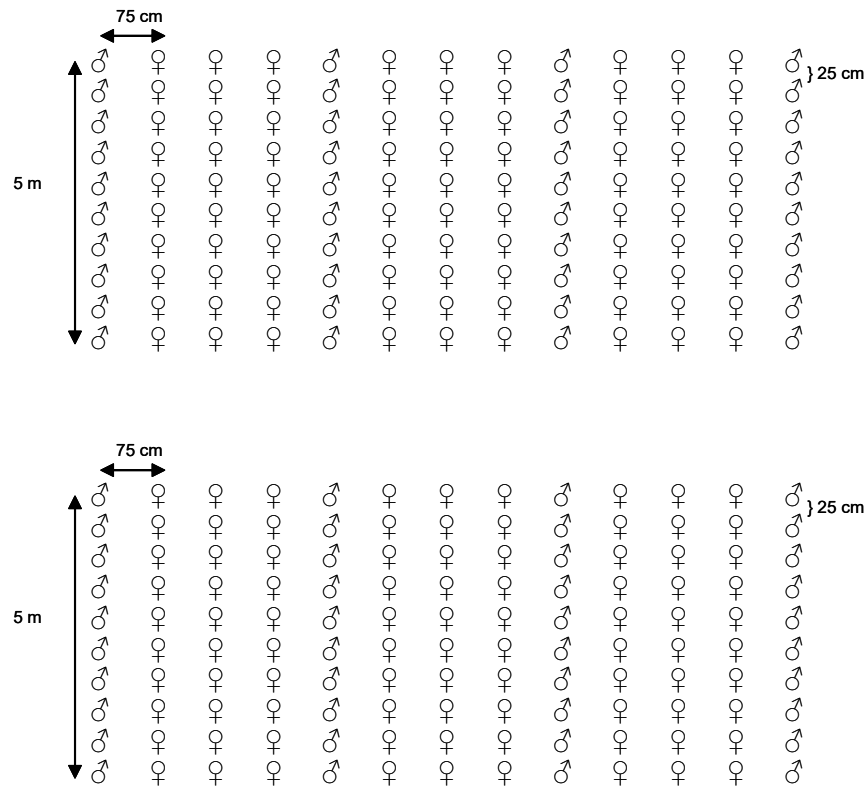
Teknik produksi benih jagung umumnya hampir sama dengan teknik produksi jagung secara komersial, walaupun ada beberapa tambahan kebutuhan yang unik untuk memproduksi benih. **Pertama**, kualitas benih harus lebih baik daripada kualitas biji. Oleh karena itu, perhatian dan input diberikan dalam sistem produksi benih lebih besar dibandingkan dengan sistem produksi biji. **Kedua**, kesuburan lahan lebih seragam untuk memudahkan seleksi dan *rouging* terhadap tipe galur yang menyimpang (*off-type*). **Ketiga**, fasilitas pendukung mudah tersedia saat dibutuhkan, seperti tenaga kerja untuk pemotongan bunga jantan (*detasseling*), perawatan, panen, dan pascapanen.

- **Penyiapan lahan.** Jika memungkinkan lahan sudah disiapkan minimal dua minggu sebelum tanam. Hal ini dimaksudkan agar tanah lebih gembur sehingga membantu perkecambahan dan pertumbuhan benih. Biji-biji jagung yang rontok dari tanaman sebelumnya dan tumbuh kembali lebih mudah dikendalikan.
- **Kerapatan tanaman.** Mirip dengan populasi tanaman yang direkomendasikan untuk tujuan komersial atau 10-15% lebih lebar. Ini penting untuk memastikan mutu benih yang baik dan pengembangannya. Populasi yang lebih lebar juga diperlukan untuk mengekspresikan tipe tanaman secara penuh sehingga dapat dengan cepat diidentifikasi tipe tanaman yang menyimpang.

- **Pemupukan dan aplikasi pestisida.** Pupuk diberikan optimal dan pestisida diaplikasikan jika diperlukan. Pengendalian gulma sangat penting dilakukan agar tanaman tidak mengalami cekaman kekurangan hara.
- **Pengairan,** perlu dipersiapkan dan diatur, terutama pada musim kemarau. Pada musim hujan, perlu dibuatkan saluran drainase untuk menghindari terjadinya genangan air. Usahakan penetapan waktu tanam telah mempertimbangkan panen berlangsung pada saat tidak ada hujan (kelembaban rendah).

Benih Penjenis (BS)

- Sebanyak 250-350 kantong famili benih inti (*nucleous seed*) diambil masing-masing 10 biji tiap kantong, kemudian dicampur secara merata. Biji campuran tersebut akan digunakan sebagai tanaman pejantan.
- Tanam 250-350 famili pada petak baris panjang 5 m, satu tongkol tiap baris, dan famili tersebut merupakan tanaman betina. Tiap tiga baris betina diselingi dengan satu baris pejantan yang berasal dari campuran benih sebelumnya (Gambar 1).
- Saat tanaman berumur 2-4 minggu dilakukan seleksi vigor tanaman dengan mencabut tanaman yang kerdil, lemah, pucat, bentuk menyimpang, tumbuh di luar barisan, dan tertular penyakit. Saat itu juga dilakukan penjarangan tanaman yang tumbuh lebih dari satu tiap rumpun atau terlalu rapat.
- Pada saat berbunga, barisan betina dibuang malainya (*detassel*) sebelum mengeluarkan tepung sari. Pada baris pejantan, tanaman yang jelek dan menyimpang dari rata-rata juga dibuang malainya sebelum mengeluarkan tepung sari. Pada baris betina, tanaman yang mengeluarkan rambut yang warnanya tidak sesuai dengan deskripsi dan tongkol yang tidak normal juga dibuang.
- Pada saat masak susu dipilih 125 baris betina terbaik dan dari tiap baris dipilih lima tanaman terbaik dan diberi tanda. Tanaman lain yang menyimpang seperti tongkol bercabang, kedudukan tongkol terlalu tinggi atau rendah juga dibuang (pilih tongkol yang berada di tengah batang).
- Pada waktu panen dipilih empat tongkol terbaik, yaitu tongkol dengan penutupan klobot yang rapat (skor 1-2), kemudian tongkol dikupas dan dipilih tiga terbaik (skor penampilan tongkol 1-2), dikeringkan, dipipil terpisah, dan dipilih dua yang terberat. Benih yang berasal dari 250 tongkol tersebut merupakan benih inti untuk memproduksi benih penjenis berikutnya.
- Sisa dari benih terpilih merupakan benih kelas penjenis untuk diproduksi menjadi benih dasar.



Gambar 1. Denah lapangan produksi benih penjenis.

Keterangan:

♀ = Tanaman betina (1 nomor per famili/tongkol).

♂ = Tanaman jantan merupakan campuran famili-famili betina dalam jumlah yang sama banyak (*balanced composite*)

Benih Dasar (BD)

Persyaratan penting yang perlu mendapat perhatian dalam memproduksi benih dasar adalah sebagai berikut:

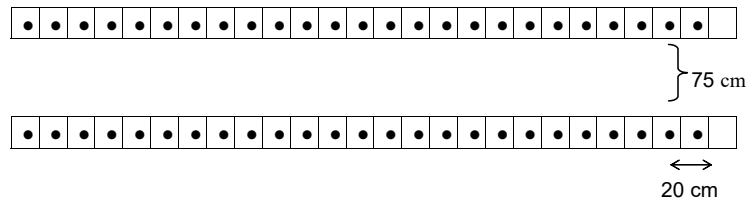
- Sebelum penanaman, diajukan permohonan ijin penangkaran ke Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) setempat dengan mengisi formulir yang telah disediakan. Dalam formulir diisikan lokasi, rencana tanggal tanam, dan sebagainya. Setelah lokasi ditinjau oleh BPSB dan mendapat persetujuan, baru dilakukan persiapan penanaman di lokasi tersebut. Setelah penanaman, diinformasikan kembali ke BPSB tentang waktu tanam, sehingga BPSB

dapat merencanakan inspeksi lapangan untuk menilai kelayakan tanaman. Sebelum BPSB ke lapangan, tanaman yang menyimpang telah di-*rouging*. Menjelang panen, BPSB segera diberitahukan tentang mutasi calon benih, kemudian disusul dengan surat permohonan pengambilan contoh benih dan permintaan label.

- Untuk pertanaman pada musim kemarau, di sekitar lokasi penangkaran harus tersedia sumber air yang cukup dan mudah diakses jika sewaktu-waktu diperlukan untuk mengairi tanaman, terutama pada awal pertumbuhan, menjelang dan setelah pembungaan (pengisian biji).
- Fasilitas untuk penanganan pascapanen harus tersedia dan memenuhi standar minimal (lantai jemur/pengering, pemipil, pengukur kadar air, alat sortasi, pengemas produk, dan gudang penyimpanan benih).
- Penanaman dianjurkan menjelang akhir musim hujan sehingga curah hujan selama pertumbuhan tanaman sudah mulai berkurang dan diharapkan panen jatuh pada musim kemarau. Hal ini terkait dengan kualitas benih yang akan dihasilkan dan biaya produksi yang diperlukan.
- Penangkaran benih seyogianya dilakukan dengan sistem antarmusim. Untuk keperluan benih pada musim hujan, perbanyak benih dilakukan pada lahan sawah irigasi pada musim kemarau. Untuk keperluan benih pada musim kemarau, perbanyak benih dilakukan menjelang akhir musim hujan pada lahan tegalan, sehingga pada saat panen sudah tidak ada hujan.

Teknik Produksi

- Tanah diolah sempurna, kemudian dibuatkan saluran drainase, khususnya pada lahan-lahan yang berpotensi tergenang air. Sebelum tanam pastikan adanya fasilitas pengairan. Pada musim hujan, pengairan tidak akan mengalami masalah, tetapi pada musim kemarau perlu disediakan pompa air.
- Kebutuhan benih 15-20 kg/ha, bergantung pada ukuran dan bobot biji. Sebelum tanam, benih dicampur dengan fungisida saromil dan insektisida marshal, masing-masing dengan takaran 5,0 g dan 100 g/5 kg benih. Caranya, masukkan benih ke dalam plastik yang telah berisi benih > 5 kg, kemudian benih dibasahi agar pestisida dapat menempel. Setelah benih diperciki air secukupnya, kemudian masukkan satu bungkus saromil + satu bungkus marshal, lalu dikocok. Jika langsung ditanam, benih tidak perlu dikeringkan, tapi kalau disimpan, benih dijemur terlebih dahulu. Cara aplikasi pestisida dapat dilihat pada bungkus atau brosur pestisida tersebut.
- Pada lahan datar, baris tanaman dibuat searah dengan arah sinar matahari, tetapi pada lahan miring disesuaikan dengan kontur lereng. Jarak tanam adalah 75 cm di antara baris, dan 20 cm dalam baris, satu



Gambar 2. Jarak tanam jagung di antara baris dan di dalam baris tanaman.

biji tiap lubang (Gambar 2). Pada saat tanam dianjurkan menggunakan tali untuk mengatur jarak tanam agar benih ditanam dengan jarak yang seragam.

- Takaran pupuk yang digunakan lebih tinggi daripada takaran pupuk untuk tujuan produksi jagung secara komersial. Sebagai bahan pertimbangan, takaran dan waktu pemberian pupuk untuk percobaan jagung pada umumnya adalah:
 - o Saat tanam: 100 kg urea, 200 kg SP36, dan 50 kg KCl/ha.
 - o Umur 25-30 hari: 150 kg urea dan 50 kg KCl/ha.
 - o Umur 45-50 hari: 150 kg urea/ha.

Pupuk pertama diberikan pada saat tanaman berumur 7-10 HST pada lubang pupuk yang telah dipersiapkan sebelumnya, kemudian ditutup dengan tanah. Pemberian pupuk kedua dilakukan setelah penyiangan pertama dan pembumbunan, sedangkan pupuk ketiga diberikan pada saat tanaman menjelang berbunga. Cara yang sama juga dilakukan pada saat pemberian pupuk susulan, di mana pupuk dimasukkan pada lubang pupuk yang berjarak 5-7 cm dari tanaman. Setiap selesai memupuk, lubang pupuk ditutup kembali dengan tanah agar pupuk tidak menguap.

- Untuk mencegah serangan lalat bibit, ke setiap lubang tanam dimasukkan insektisida carbofuran dengan takaran 10 kg/ha atau 3-4 butir/lubang. Penyiangan pertama segera dilakukan jika ada gulma. Pembumbunan dilakukan bersamaan dengan penyiangan kedua, setelah pemupukan kedua. Pengaturan tata air sesuai dengan anjuran budi daya setempat. Masa krisis tanaman terhadap ketersediaan air adalah di awal pertumbuhan dan pada saat tanaman menjelang berbunga sampai fase pengisian biji. Jika terdapat gejala serangan hama, terutama penggerek batang, aplikasikan insektisida carbofuran melalui pucuk dengan takaran 3-4 butir/pucuk tanaman. Tanaman yang mengalami serangan berat disemprot dengan insektisida dengan dosis sesuai anjuran. Sebelum tanaman berbunga dilakukan seleksi, tanaman yang tertular penyakit segera dibuang.

- Untuk mengeliminasi tanaman yang menyimpang dari tipe rata-rata dan yang tertular penyakit berdasarkan hasil pengamatan secara visual, lakukan pencabutan (*roguing*). Kegiatan ini bertujuan untuk menjamin mutu genetik dan fisiologis benih yang dihasilkan. Fase-fase pertumbuhan tanaman yang perlu mendapat perhatian untuk melakukan *roguing* dapat dilihat pada Tabel 1.
- Panen dilakukan setelah biji mengering dan telah muncul lapisan hitam (*black layer*) minimal 50% di setiap barisan biji, yaitu lapisan warna hitam pada titik tumbuhnya. Pada saat itu biasanya kadar air biji telah mencapai < 30%, untuk varietas Bisma biasanya pada umur 100-105 hari dan varietas Lamuru pada umur 95-100 hari. Kalau memungkinkan, seminggu sebelum panen, klobot dibuka sehingga kering di lapangan. Pada saat panen, tongkol yang terinfeksi penyakit dipisahkan supaya tidak menulari tongkol yang sehat.
- Setelah panen, tongkol diseleksi sesuai dengan kriteria yang terdapat pada deskripsi masing-masing varietas, kemudian dikeringkan hingga kadar air < 16%. Jika benih akan dipipil dengan mesin pemipil, hendaknya diuji terlebih dahulu untuk menentukan benih rusak atau tidak. Setelah dipipil, biji disortasi dengan saringan/ayakan Ø 7-Ø 8 mm tergantung varietasnya, hanya biji yang tidak lolos saringan/ayakan dijadikan benih. Dianjurkan untuk melakukan pemisahan biji antara di

Tabel 1. Teknik seleksi pertanaman jagung untuk produksi benih dasar (BD).

Parameter	Kriteria seleksi	Keputusan
Vigor Tanaman (2-4 minggu setelah tanam)	Kerdil, lemah, warna pucat, bentuk tanaman menyimpang, tumbuh di luar barisan, terserang penyakit, letak tanaman terlalu rapat.	Tanaman dicabut
Berbunga (umur 7-10 minggu setelah tanam)	Terlalu cepat/lambat berbunga, malai tidak normal, tidak berambut, tidak bertongkol.	Tanaman dicabut
Posisi tongkol (2 minggu sebelum panen)	Pilih yang kedudukan tongkolnya di tengah-tengah batang, tongkol tidak bercabang (tipe simpang).	Tipe simpang dipanen awal
Panen	Tanaman sehat, telah ditandai terpilih, bentuk tongkol utuh.	Dipanen
Penutupan tongkol	Klobot melekat kuat dan rapat. Skoring penampilan tongkol: skor 1 baik dan skor 5 jelek.	Dipilih skor 1-2
Mutu tongkol tiap famili	Skoring penampilan tongkol: skor 1 baik dan skor 5 jelek.	Dipilih skor 1-2
Tongkol kupas	Bentuk tongkol, bentuk biji, warna biji, ukuran biji, dan bobot biji sesuai deskripsi.	Dipilih yang sesuai deskripsi

Cara skoring mengikuti standar CIMMYT (1994a, 1994b).

bagian pinggir atas dan bawah tongkol. Hasil pipilan untuk benih dikeringkan lagi hingga kadar $\pm 10\%$ agar dapat disimpan lebih lama, minimal satu tahun.

- Sebelum benih dikemas dalam kemasan plastik perlu dilakukan uji daya berkecambah. Benih dikemas secepatnya ke dalam kantong plastik putih buram (bukan transparan) dengan ketebalan 0,2 mm dan dipres (usahakan udara dalam plastik seminimal mungkin). Kemasan benih diberi label nama varietas, tanggal/tahun dipanen, produsen, dan kartu sertifikasi dari BPSB. Untuk penyimpanan > 6,0 bulan, benih sebaiknya disimpan dalam gudang atau ruang berAC. Dianjurkan prosesing benih mulai saat panen sampai dikemas tidak lebih dari dua minggu.

Lingkungan Pertumbuhan Tanaman

Lingkungan pertumbuhan tanaman perlu mendapat perhatian dalam memproduksi benih jagung, terutama iklim. Untuk menghasilkan benih jagung dengan mutu yang tinggi diusahakan agar tanaman dapat dipanen pada kondisi tidak ada hujan. Untuk itu pola curah hujan di wilayah pengembangan produksi benih perlu diidentifikasi. Hasil penelitian Arief *et al.* (2002) di Bone, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa benih jagung yang dipanen lebih awal atau lambat, cepat merosot viabilitasnya (Tabel 2).

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa dari segi daya berkecambah tidak terdapat perbedaan antara benih yang dipanen pada setiap tingkat masak

Tabel 2. Kualitas benih jagung pada beberapa umur. Bone, MK 1998.

Umur (hss)	Periode simpan (bulan)					
	0	4	8	12	16	20
Daya berkecambah benih (%)						
35	98,7 ab	98,0 tn	90,0 b	82,0 b	72,0 b	72,7 b
40	99,7 a	99,3	99,3 a	89,3 ab	75,3 b	72,7 b
45	99,7 a	99,7	99,7 a	85,3 ab	86,7 a	86,7 a
50	96,7 b	98,0	99,7 a	94,0 a	96,7 a	87,3 a
55	99,7 a	99,7	99,3 a	94,7 a	94,7 a	82,7 ab
60	96,7 a	99,7	99,3 a	94,0 a	94,7 a	76,7 b
Bobot kering kecambah (g/kecambah)						
35	200,0 ab	154,0 tn	153,3 tn	154,0 tn	141,0 tn	126,0 tn
40	166,3 b	153,3	165,7	153,0	143,3	139,0
45	178,3 b	171,0	151,3	156,0	151,0	146,0
50	212,0 ab	176,0	159,3	156,0	140,0	141,0
55	367,3 a	164,7	159,3	146,7	137,3	126,0
60	164,6 b	153,0	140,7	141,5	135,0	120,0

hss= hari setelah silking, tn = tidak nyata.

Sumber: Arief *et al.* (2002).

yang diamati. Namun demikian, telah terjadi perbedaan kualitas benih bila ditinjau dari segi bobot kering kecambah. Perbedaan bobot kering kecambah tersebut mencerminkan adanya perbedaan bobot biji (kandungan bahan kering biji sebagai salah satu ukuran masak fisiologis) dari benih yang dihasilkan. Data tersebut juga memberikan indikasi bahwa benih dengan kadar air yang masih tinggi pada 35-40 hari sesudah berbunga, di mana kadar air masih berkisar 59,9-31,0%, belum layak dipanen sebagai benih. Panen yang terlambat (60 hari sesudah berbunga), di mana kadar air biji telah turun menjadi 13,6%, tidak berpengaruh terhadap kualitas benih karena panen dilakukan pada musim kemarau (Tabel 2).

Pemupukan

Mutu fisiologis benih merupakan interaksi antara faktor genetik dengan lingkungan tumbuh di mana benih dihasilkan. Untuk memperoleh benih dengan mutu awal yang tinggi, lingkungan pertanaman termasuk kesuburan tanah diusahakan pada kondisi optimal, agar tanaman dapat menghasilkan benih dengan vigor yang tinggi. Benih jagung yang diproduksi dari struktur tanaman induk yang bervigor tinggi akan lebih tahan disimpan dibanding dengan benih yang diperoleh dari struktur tanaman yang kurang vigor (Saenong 1982).

Tanaman yang mengalami defisiensi satu atau lebih unsur hara akan menghambat tercapainya mutu fisiologis yang optimal (Suseno 1975), di samping itu akan mempengaruhi komposisi kimia benih yang dapat menurunkan mutu benih yang dihasilkan. Tanaman yang defisien P dan K akan menghasilkan benih yang tidak dapat berkecambah dengan baik dan tidak tahan simpan. Vigor benih jagung juga dipengaruhi oleh pemberian pupuk N, dan vigor benih meningkat sejalan dengan meningkatnya takaran pemupukan N. Pemupukan N meningkatkan bobot benih, sehingga daya berkecambah dan kekuatan tumbuh benih meningkat (Pian 1981).

Unsur P dapat meningkatkan kandungan protein dan bobot biji yang selanjutnya meningkatkan vigor dan ketahanan simpan benih (Lowe *et al.* 1972, Muqnisyah and Nakamura 1986). Penelitian pada tahun 1986 di tanah Mediteran Kabupaten Gowa menunjukkan bahwa daya kecambah benih yang tanaman induknya dipupuk SP36 dengan takaran 135 kg P_2O_5 /ha, tidak berbeda dengan benih yang tidak dipupuk. Namun, tidak berarti pertanaman tidak memerlukan P, karena setelah disimpan selama enam bulan, benih yang tanaman induknya tidak dipupuk daya berkecambahnya sudah turun menjadi 79,3%. Di lain pihak, benih dari tanaman yang dipupuk 90-135 kg P_2O_5 /ha, daya berkecambahnya masih tinggi, berkisar antara 88,0-90,7% (Tabel 3).

Tabel 3. Daya berkecambah benih jagung dari beberapa taraf pemberian P pada tanah Mediteran, Gowa, Sulawesi Selatan dengan periode simpan berbeda.

Penggunaan P_2O_5 (kg/ha)	Daya berkecambah benih jagung (%) menurut periode simpan			
	0 bulan	2 bulan	4 bulan	6 bulan
0	91,7	86,7	85,0	79,3c
45	91,0	88,3	86,0	86,3b
90	90,0	90,5	88,0	88,0ab
135	92,7	92,3	90,7	91,0a

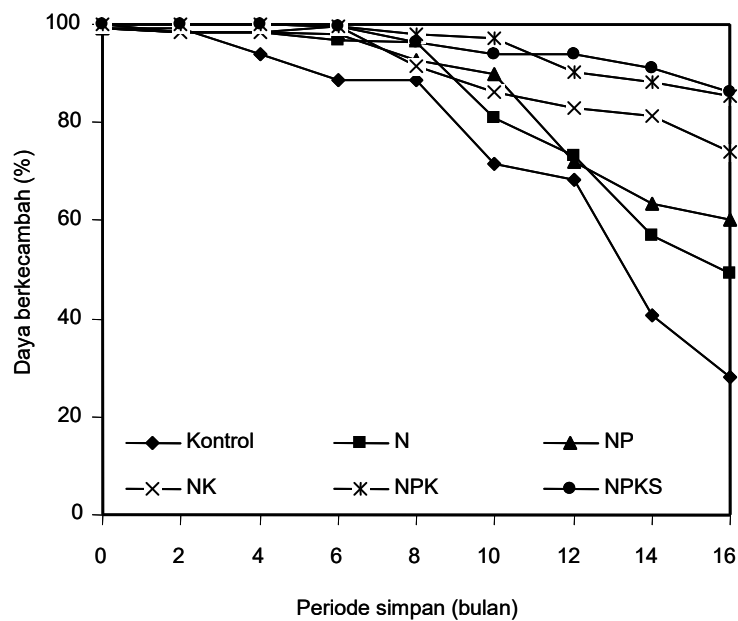
Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT.

Sumber: Syafruddin *et al.* (1997).

Unsur K selain diperlukan untuk pertumbuhan tanaman juga berperan sebagai mineral fitin dan memperbaiki integritas membran sel dan kulit biji (Bewley and Black 1978). Pada tanaman kacang tanah, pemberian K dapat meningkatkan kandungan K dalam biji dan meningkatkan viabilitas benih. Kadar K yang tinggi dalam biji dapat menurunkan kapasitas absorsi air dan kelarutan gula, sehingga benih yang dihasilkan mempunyai viabilitas tinggi dan perkembangan jamur selama penyimpanan lebih rendah. Rendahnya kelarutan gula dalam biji menunjukkan integritas membran biji cukup tinggi (Abdul Baki 1969).

Benih jagung dari pertanaman yang dipupuk dengan N, P, dan K pada tanah Mediteran mempunyai mutu yang tinggi, yang tercermin dari daya berkecambah yang lebih tinggi, daya hantar listrik lebih rendah sebagai indikasi kokohnya integritas membran biji, dan lebih tahan disimpan dibanding tanpa pupuk (Patiroi 1988). Percobaan pemupukan N, P, K, dan S di tanah Mediteran menunjukkan bahwa pemberian pupuk tidak mempengaruhi daya berkecambah benih, tetapi benih yang dihasilkan dari tanaman yang dipupuk dengan N, P, K, dan S memiliki vigor yang lebih tinggi (tahan disimpan). Benih jagung yang dipupuk N, P, dan K, daya berkecambahnya tetap tinggi (di atas 80%) walaupun telah disimpan selama 16 bulan (Syafruddin *et al.* 1997) dibanding benih jagung dari tanaman yang tidak dipupuk (Gambar 3).

Benih dari tanaman yang dipupuk menghasilkan bobot kering kecambah yang lebih tinggi, dan daya hantar listrik nyata lebih rendah. Bobot kering kecambah dari tanaman yang dipupuk berkisar antara 0,115-0,155 g/tanaman, sedangkan yang tidak dipupuk hanya 0,108 g/tanaman. Kecambah dengan bobot yang tinggi berkorelasi positif dengan pertumbuhan tanaman. Di lain pihak, daya hantar listrik sebagai indikator integritas membran, pada tanaman yang dipupuk hanya 5,76-7,68 $\mu\text{mhos/g/cm}^2$ dan pada tanaman



Gambar 3. Daya berkecambah benih pada beberapa kombinasi perlakuan pemupukan. (Syafuruddin *et al.* 1997).

Tabel 4. Daya berkecambah (DB), bobot kering kecambah (BK), dan daya hantar listrik air rendaman (DHL) benih jagung pada berbagai kombinasi pemupukan N, P, K, dan S sebelum benih disimpan. Maros, Sulawesi Selatan 1997.

Kombinasi pupuk	DB (%)	BK (g)	DHL $\mu\text{mhos/g/cm}^2$
NPKS	96,6tn	0,155a	6,53b
NPK	97,5	0,123b	6,08b
NP	99,3	0,122b	5,76b
NKS	98,8	0,122b	7,04ab
NK	98,8	0,133b	6,40b
NPS	98,7	0,129b	7,36ab
NS	99,7	0,117bc	7,68ab
N	97,1	0,115bc	6,72ab
Tanpa pupuk	97	0,108d	10,4a

Sumber: Syafuruddin *et al.* (1997).

yang tidak dipupuk mencapai $10,4 \mu\text{mhos/g/cm}^2$ (Tabel 4). Artinya, tanaman yang dipupuk memiliki integritas membran cukup bagus.

Pada Ultisol Carangki Maros, Sulawesi Selatan, pemupukan K tidak berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah awal benih. Namun setelah

Tabel 5. Daya berkecambah benih sebelum dan setelah disimpan selama 3 dan 6 bulan. Carangki Maros, Sulawesi Selatan.

Takaran dan waktu pemupukan K pada tanaman induk	Daya berkecambah (%)		
	0 bulan	3 bulan	6 bulan
Tanpa K	96,0 ^{tn}	91,3 ^{tn}	70,7 ^c
30 K ₂ O (ST)	96,7	95,3	93,3 ^a
30 K ₂ O (ST + 4 MST)	96,7	95,0	93,3 ^a
30 K ₂ O (4 MST)	100,0	97,3	84,7 ^b
45 K ₂ O (ST)	98,0	94,0	92,7 ^a
45 K ₂ O (ST + 4 MST)	99,3	97,3	96,0 ^a
45 K ₂ O (4 MST)	98,7	94,7	90,7 ^a
60 K ₂ O (ST)	99,3	94,7	85,3 ^b
60 K ₂ O (ST + 4 MST)	100,0	96,0	92,7 ^a
60 K ₂ O (4 MST)	100,0	96,7	92,7 ^a

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT.

tn : tidak berbeda nyata

ST : saat tanam

MST : minggu setelah tanam

Sumber: Arief dan Saenong (2003).

benih disimpan selama 6 bulan, tanpa pemupukan K terjadi penurunan daya berkecambah yang lebih tinggi dibanding dengan benih dari tanaman yang dipupuk K. Pemberian K dua kali, yaitu pada saat tanam dan 4 minggu setelah tanam, ketahanan simpan benih lebih tinggi dibanding kalau K diberikan seluruhnya pada saat tanam atau seluruhnya pada 4 minggu setelah tanam (Tabel 5). Pemberian K pada tanah Ultisol Carangki cukup 45 kg K₂O/ha dengan dua kali aplikasi untuk mempertahankan mutu benih selama 6 bulan (96%).

Penundaan Panen

Penelitian di Tibojong, Bone, Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa pada saat panen (masak fisiologi) kadar air benih masih cukup tinggi, mencapai 44,8%. Karena itu, panen ditunda beberapa hari untuk menurunkan kadar air. Hal ini menguntungkan ditinjau dari segi biaya pengeringan. Kalau tidak segera dikeringkan, jagung yang dipanen pada kadar air yang masih tinggi dapat merusak biji, baik dari segi fisik, mekanis, maupun fisiologis, sehingga menurunkan vigor benih sebelum disimpan. Penundaan panen sampai 20 hari sesudah masak fisiologis dengan interval panen setiap lima hari dapat menurunkan kadar air biji hingga mencapai 16,5% (Tabel 6). Daya berkecambah benih tidak berbeda nyata antara yang dipanen pada masak fisiologis dengan yang dipanen setelah 20 hari kemudian. Namun, tingkat

Tabel 6. Kadar air biji jagung pada perlakuan penundaan panen. Carangki, Maros, Sulawesi Selatan, 1999.

Periode penundaan panen (hari)	Kadar air benih (%)	Daya berkecambah (%)	Daya hantar listrik (umhos/g/cm ²)
Saat masak fisiologi	44,8	94,7	2,08
Ditunda 5 hari	44,2	98,0	2,06
Ditunda 10 hari	34,4	99,3	2,07
Ditunda 15 hari	33,4	98,7	4,09
Ditunda 20 hari	16,5	99,3	4,60

Sumber: Arief *et al.* (1999).

kerusakan membran dua kali lebih besar jika panen ditunda 15-20 hari sehingga daya simpan benih menurun (Tabel 6). Lama penundaan panen ditentukan oleh kondisi curah hujan di lapangan. Pada kondisi cerah dan tidak ada hujan, penundaan panen dapat dilakukan sampai kadar air biji mencapai 16-17%.

PENGELOLAAN PASCAPANEN

Pengeringan

Sekitar 60-65% pertanaman jagung diusahakan pada lahan kering pada musim hujan dan pada saat panen masih banyak hujan, sehingga penggunaan alat pengeringan menjadi penting. Luas pertanaman jagung di lahan sawah 35-40% dari total areal pertanaman jagung dan 10-15% di antaranya pada lahan sawah irigasi yang ditanam pada awal musim kemarau (Kasryno 2002). Dengan demikian, kebutuhan benih terbanyak adalah pada musim hujan (periode November-Desember). Walaupun areal pertanaman jagung pada lahan sawah (periode April-September) tidak seluas di lahan kering pada musim hujan, namun sebagian penangkar benih di pedesaan adakalanya mengalami kesulitan untuk memasok benih tepat waktu dengan kualitas yang baik karena tidak memiliki fasilitas pengering. Kasus di Sulawesi Selatan menunjukkan, dari 361 contoh benih yang diuji di BPSB Maros pada tahun 1999/2000 hanya 54% yang memenuhi persyaratan (BPSB Maros 2000). Hal ini mengindikasikan bahwa pengeringan masih merupakan masalah dalam sistem produksi benih jagung. Pengeringan perlu diprioritaskan kepada upaya pemenuhan standar benih yang telah ditetapkan (Tabel 7).

Tabel 7. Standar pengujian laboratorium untuk benih jagung bersari bebas dan hibrida.

Kelas benih	Kadar air maks (%)	Benih murni min (%)	Kotoran benih maks (%)	Benih varietas lain maks (%)	Benih warna lain maks (%)	Daya tumbuh min (%)
Jagung bersari bebas						
Benih dasar	12,0	98,0	2,0	0,0	0,5	80,0
Benih pokok	12,0	98,0	2,0	0,1	0,5	80,0
Benih sebar (label biru)	12,0	98,0	2,0	0,2	1,0	80,0
Jagung hibrida						
Hibrida komersial	12,0	98,0	2,0	0,2	1,0	85,0
Hibrida						
Persilangan induk	12,0	98,0	3,0	0,1	1,0	80,0
Galur persilangan induk	12,0	98,0	3,0	0,1	1,0	80,0
Bersari bebas						
Persilangan induk	12,0	98,0	3,0	0,1	1,0	80,0

maks = maksimum; min = minimum.

Sumber: Deptan (2000).

Pengolahan dan Sortasi Benih

Pengolahan benih jagung mencakup pemipilan, pembersihan dari kotoran fisik, sortasi berdasarkan ukuran benih (*size grading*), sortasi menurut bobot (*density grading*), perlakuan dengan bahan kimia tertentu sebelum pengemasan (misalnya pemberian senyawa methalaxyl pada benih), cara, jenis, dan ukuran kemasan.

Setelah panen, jagung perlu segera dikeringkan. Aerasi atau pengeringan dapat mengurangi akumulasi suhu di sekitar benih, baik suhu panas dari lapang maupun hasil respirasi. Aerasi juga dapat menurunkan kadar air benih. Kadar air benih yang tinggi mendorong respirasi dan menstimulasi pertumbuhan mikroorganisme (terutama cendawan) yang menyebabkan kerusakan benih. Selang waktu antara panen dan pengeringan sangat berpengaruh terhadap mutu benih, terutama daya simpan. Sebelum benih dikeringkan biasanya petani membiarkannya beberapa waktu atau dikenal dengan istilah penyimpanan sementara (*bulk storage*), apalagi kalau pengeringan hanya mengandalkan sinar matahari. Semakin tinggi kadar air benih saat panen, semakin singkat selang waktu penyimpanan sementara yang dapat ditoleransi, dan semakin tinggi suhu ruang simpan sementara, semakin singkat pula selang waktu penyimpanan yang dapat ditoleransi.

Pemipilan benih dapat dilakukan secara manual atau menggunakan alat-mesin pemipil. Kadar air benih yang akan dipipil merupakan faktor penentu mutu hasil pipilan. Kisaran kadar air terbaik untuk benih yang akan dipipil adalah 15-17%. Kadar air yang tinggi saat pemipilan mengakibatkan

benih mudah rusak. Sinuseng *et al.* (2004) melaporkan bahwa pemipilan mekanis pada jagung varietas Lamuru dengan tiga tingkatan kadar air (15%, 21,5%, dan 28%) menghasilkan tingkat kerusakan yang berbeda (Tabel 8).

Sebelum dipipil, benih harus dikeringkan sampai mencapai kadar air sekitar 15-16% agar tidak pecah. Lama penyimpanan sementara yang dapat ditoleransi bergantung kepada suhu ruang simpan sementara atau kadar air benih yang akan dipipil/disimpan sementara (Tabel 9).

Pengaturan suhu udara dalam alat pengering benih perlu diperhatikan. Benih jagung yang berkadar air awal sekitar 18% dan dikeringkan pada alat pengering tipe flat (*flat bed dryer* dari Balitsereal) pada suhu rata-rata 45°C dan 50°C secara kontinu atau tempering 1 jam pada bagian kanan dan kiri bak pengering masih menunjukkan daya berkecambah yang tinggi (95,3-99,3%) pada periode simpan 8 bulan (Tabel 10). Namun demikian, jumlah biji pecah pada suhu pengeringan 50°C mencapai 5,3-14,27%. Di lain pihak, keretakan biji yang dikeringkan pada suhu 45°C hanya 4,23-11,36%. Pengeringan pada suhu 50°C perlu diikuti oleh tempering setiap satu atau dua jam. Dengan cara tersebut, jumlah biji pecah dapat ditekan.

Tabel 8. Mutu pipilan biji jagung menggunakan mesin pipil model PJ-M1-Balitsereal pada tiga tingkatan kadar air.

Kadar air (%)	Mutu pipilan (%)		
	Biji pecah	Kotoran	Tidak terpipil
15,0	0,20	0,20	0,10
21,5	1,21	1,30	1,54
28,0	3,19	1,51	3,82

Sumber: Sinuseng *et al.* (2004)

Tabel 9. Lama penyimpanan sementara benih jagung yang dapat ditoleransi untuk mempertahankan mutu benih pada beberapa tingkat kadar air dan suhu.

Suhu simpan (°C)	Lama penyimpanan (hari)			
	ka 15%	ka 20%	ka 25%	ka 30%
24	116	12	4	3
21	155	16	6	4
18	207	22	8	5
16	259	27	10	6
13	337	35	12	8
10	466	48	12	10

ka = kadar air

Sumber: Delouche (1990)

Tabel 10. Pengaruh perlakuan pengeringan terhadap daya berkecambah, daya hantar listrik (DHL), dan kadar air benih jagung sesudah dikeringkan (awal periode simpan).

Perlakuan pengeringan	Daya berkecambah (%)		DHL ($\mu\text{mhos/g/cm}^2$)	Kadar air (%)
	0 bln	8 bln		
Suhu 45°C				
Kontinu, kanan	100,0c	99,3d	13,3de	9,2
Kontinu, kiri	97,3bc	99,3d	12,3a	6,3
Kontinu, belakang	100,0c	76,7c	26,0be	6,4
Suhu 50°C				
Kontinu, kanan	99,33c	98,67d	20,19ab	8,15
Kontinu, kiri	99,33c	98,00d	13,01a	7,22
Kontinu, belakang	87,33b	54,00ab	24,49bc	6,23
Tempering 1 jam, kanan	98,7c	98,0d	15,2a	9,8
Tempering 1 jam, kiri	100,0c	95,3d	14,7a	10,8
Tempering 1 jam, belakang	90,7bc	50,7ab	24,0bc	9,6

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT.

Tempering: Pemutusan waktu pengeringan untuk aerasi

Sumber: Arief *et al.* (2001)

Dalam pengeringan benih, tingkat suhu perlu disesuaikan dengan kadar air benih yang sedang dikeringkan. Apabila kadar air benih di atas 18%, maka suhu maksimum adalah 32°C. Setelah kadar air turun menjadi 10-18%, suhu dapat dinaikkan hingga 38°C. Apabila kadar air sudah di bawah 10%, maka suhu pengeringan dapat dinaikkan hingga 43°C. Dengan demikian, pengatur suhu alat pengering harus berfungsi dengan baik. Apabila benih berkadar air yang masih tinggi langsung dikeringkan dengan suhu sekitar 40°C, enzim akan menggumpal sehingga menurunkan viabilitas benih. Pengeringan benih yang disertai dengan aerasi lebih baik daripada tanpa aerasi (Delouche 1973).

Pada saat pengeringan benih hendaknya dilakukan pembalikan antara lapisan atas dan bawah, karena laju pengeringan lebih cepat di lapisan atas dibanding lapisan tengah dan bawah (Tabel 11).

Benih jagung lebih tahan disimpan daripada benih kacang-kacangan karena kandungan protein dan lemaknya relatif lebih rendah. Tetapi ketahanan simpan benih jagung lebih rendah daripada benih padi, karena selain memiliki kulit biji yang lebih keras (lemma dan palea), benih padi hanya mengandung 5% protein albumin. Protein benih jagung terdiri atas 25% albumin, 39% protein glutelin, 24% prolamin, dan tidak mengandung globulin. Sebagian besar dari enzim yang berperan pada proses metabolisme disintesis dari protein albumin (Copeland and McDonald 1985). Kandungan

Tabel 11. Kondisi cuaca dan penurunan kadar air pada pengeringan biji jagung pipilan dengan menggunakan alat pengering buatan, 2004.

Periode pengamatan (jam)	Kondisi udara lingkungan			Suhu pengering (°C)	Suhu buangan (°C)	Kadar air biji (%)		
	Suhu (°C)		RH (%)			Lapisan bawah	Lapisan tengah	Lapisan atas
	Tbb	Tbk						
0	26	27,5	87	34,5	34,5	16,9	16,9	16,9
1	25	27	83	41,8	35,5	16,25	16,26	16,29
2	25	26	91	43	35,6	15,44	15,49	14,49
3	24	24	100	42,5	37,9	14,68	14,72	14,73
4	23,5	24	95	42,3	36	13,89	13,94	13,96
5	24	25	91	42,8	38,1	13	13,17	13,19
6	28	32,5	69	42,8	38	12,32	12,39	12,42
7	28	33	65	42,8	36,4	11,56	11,64	11,66

Sumber: Sinuseng *et al.* (2004).

Tbb = termometer bola basah; Tbk = termometer bola kering; RH = relative humidity

Tabel 12. Komposisi kimia benih jagung.

Komposisi kimia	Benih utuh	Endosperm	Embrio	Kulit biji
Pati (%)	74,0	87,8	9,0	7,0
Gula (%)	1,8	0,8	10,4	0,5
Lemak (%)	3,9	0,8	31,1	1,2
Protein (%)	8,2	7,2	18,9	3,8

Sumber: Copeland dan McDonald (1985).

asam lemak tidak jenuh pada benih jagung juga cukup tinggi, yaitu terdiri atas 6% asam palmitat, 2% stearat, 44% asam oleat, dan 48% asam linoleat. Kedua asam lemak tidak jenuh (oleat dan linoleat) ini mudah teroksidasi, baik secara spontan maupun enzimatik, yang dapat menurunkan viabilitas benih. Komposisi kimia benih jagung dapat dilihat pada Tabel 12.

Densitas dan Letak Biji pada Tongkol

Bobot benih jagung berkorelasi positif dengan bobot kering kecambah. Perbedaan bobot benih jagung tidak berpengaruh terhadap daya berkecambah awal (sebelum benih disimpan), tetapi dapat mempengaruhi daya simpan. Makin rendah bobot benih sebelum disimpan makin rendah daya simpannya (Tabel 13).

Benih yang terletak pada bagian tengah tongkol mempunyai daya simpan yang lebih lama dibanding yang terletak pada bagian atas atau ujung tongkol.

Ukuran dan bobot benih yang terletak di bagian bawah dan ujung tongkol lebih rendah dibanding yang terletak di bagian tengah. Biji-biji yang terletak pada 1/5 bagian atas dan 1/5 bagian bawah sebaiknya dikeluarkan jika alat sortasi yang digunakan tidak dilengkapi dengan komponen sortasi berdasarkan ukuran biji. Setelah empat bulan penyimpanan daya berkecambah benih yang berasal dari pangkal dan ujung tongkol telah menurun dibanding dengan benih yang berasal dari 3/5 bagian tengah tongkol (Tabel 14).

Hasil penelitian Rahmawati *et al.* (2005) menunjukkan bahwa benih dengan ukuran biji besar (S1), sedang (S2), dan kecil (S3) yang disimpan pada kadar air 9-13% selama enam bulan, daya berkecambahnya pada perlakuan kadar air 13,5% turun menjadi 83,3-86,7%. Makin tinggi kadar air biji, makin cepat respirasi dan makin banyak CO₂, air, dan panas yang dihasilkan selama penyimpanan. Panas, kadar air, dan kelembaban yang tinggi dapat mempercepat kerusakan benih (Thahir *et al.* 1988). Welch dan Delouche (1967) mengatakan, kadar air merupakan faktor penentu utama kemunduran benih, kemudian suhu akan memacu laju kemunduran apabila kadar air benih memungkinkan bagi proses biokimia berlangsung.

Tabel 13. Pengaruh bobot biji terhadap daya simpan benih jagung. Maros, Sulawesi Selatan, 1997.

Bobot 1.000 biji (g)	Daya berkecambah (%)		
	0 bulan	8 bulan	16 bulan
33,30	99,7	95,7	85,0
32,21	99,7	96,7	78,4
32,55	98,8	96,0	73,5
32,38	98,7	92,3	59,3
31,76	93,0	95,3	48,6
30,38	97,0	87,7	28,2

Sumber: Syafruddin *et al.* (1997).

Tabel 14. Pengaruh letak biji pada tongkol terhadap daya simpan benih jagung. Maros, Sulawesi Selatan, 1998.

Letak biji	Daya berkecambah (%)			
	0 bulan	2 bulan	4 bulan	6 bulan
1/5 bagian atas tongkol	96,0	98,0	65,3	50,0
3/5 bagian tengah tongkol	99,3	99,3	86,7	72,6
1/5 bagian bawah tongkol	96,0	98,0	78,0	64,7
Kontrol (tanpa pemisahan)	98,0	99,3	73,3	65,3

Sumber: Arief *et al.* (1997).

Penyimpanan pada kadar air 11,6% daya berkecambah benih masih tinggi, berkisar antara 90,0-98,7%, dan penyimpanan pada kadar air 9,8% daya berkecambah benih 88,0-100%. Nampak perbedaan daya berkecambah pada masing-masing penyimpanan dengan kadar air yang berbeda, namun benih masih layak ditanam ditinjau dari segi daya berkecambah. Nilai daya hantar listrik pada kadar air 13,5% juga lebih tinggi dibanding pada penyimpanan benih dengan kadar air 11,6% dan 9,8%. Bobot kering kecambah untuk penyimpanan benih dengan kadar air 9,8% lebih tinggi (0,150-0,273 g/kecambah) daripada kadar air 13,5% (0,160-0,194 g/kecambah). Pada perlakuan penyimpanan benih dengan kadar air 11,6%, bobot kering kecambah berkisar antara 0,146-0,250 g/kecambah (Tabel 15).

Kadar air benih merupakan faktor dominan dalam proses deteriorasi benih, menyusul suhu ruang simpan (Harrington 1973). Hasil penelitian menunjukkan, apabila penyimpanan benih jagung dapat dilakukan pada kadar air yang rendah (di bawah 10%) maka daya berkecambahnya masih cukup tinggi (lebih dari 90%) walaupun telah disimpan selama satu tahun pada suhu kamar (Saenong 1986; 1987, Saenong *et al.* 1999). Bobot kering kecambah cenderung menurun pada biji berukuran kecil (Tabel 15), sehingga biji-biji yang digunakan sebagai benih hendaknya yang berukuran besar dan sedang.

Tabel 15. Mutu fisiologis benih dari beberapa tingkat kadar air dan ukuran biji sebelum disimpan selama 6 bulan. Sambelia, Kec. Lombok Timur, NTB, 2004.

Perlakuan	Kadar air (%)	Daya berkecambah (%)	Kecepatan tumbuh (%/etmal)	Bobot kering kecambah (g)	Panjang akar primer (cm)	Bobot 100 butir (g)
Kadar air 13,5%						
S ₁ (biji besar)	13,2	86,7 d	26,7 bc	0,19	13,3	33,7
S ₂ (biji sedang)	13,1	84,7 d	24,4 c	0,19	13,4	26,9
S ₃ (biji kecil)	12,9	83,3 d	24,2 c	0,16	12,9	20,8
Kadar air 11,6%						
S ₁ (biji besar)	11,7	96,0 abc	29,4 ab	0,25	12,1	33,5
S ₂ (biji sedang)	11,6	98,7 ab	30,5 a	0,20	13,7	27,0
S ₃ (biji kecil)	11,8	90,0 bcd	26,5 bc	0,15	11,8	21,2
Kadar air 9,8%						
S ₁ (biji besar)	11,0	92,0 abcd	28,3 ab	0,27	13,3	33,5
S ₂ (biji sedang)	10,8	100,0 a	30,8 a	0,23	11,9	26,8
S ₃ (biji kecil)	10,6	88,0 cd	26,4 bc	0,15	11,7	21,0

S₁ Benih ukuran besar (≥ 10 mm), tidak lolos saringan berdiameter 10 mm

S₂ Benih ukuran sedang (≥ 8 mm), tidak lolos saringan berdiameter 8 mm

S₃ Benih ukuran kecil (≥ 6 mm), tidak lolos saringan berdiameter 6 mm

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT.

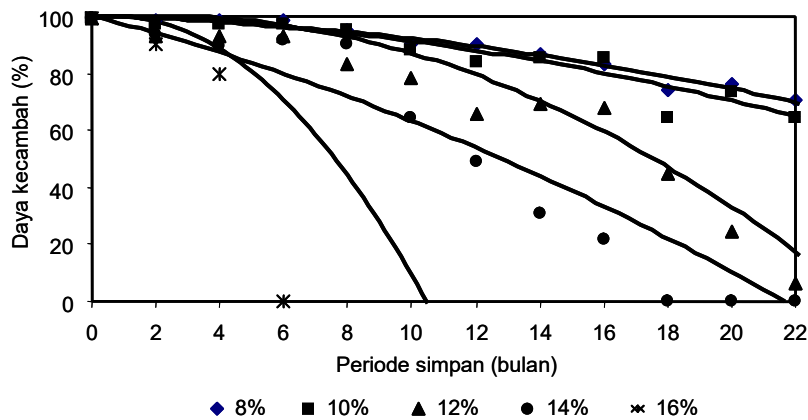
Sumber: Rahmawati *et al.* (2005).

Penyimpanan

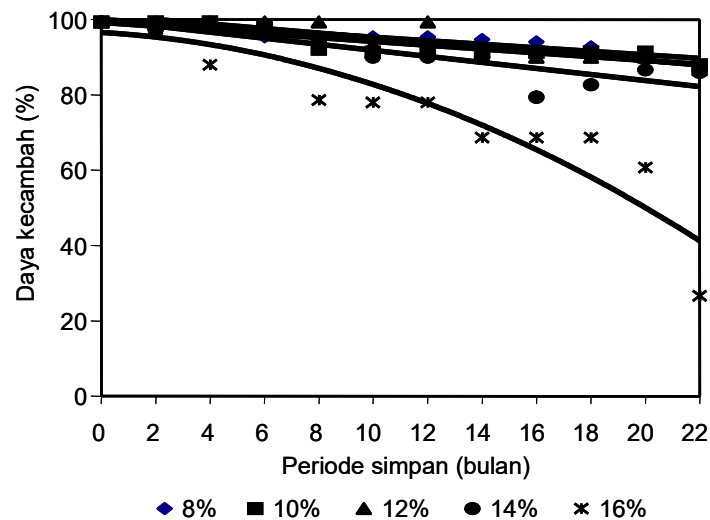
Kunci keberhasilan penyimpanan benih ortodoks seperti jagung terletak pada pengaturan kadar air dan suhu ruang simpan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dikemukakan oleh Harrington (1972) dan Delouche (1990). Namun demikian, suhu hanya berperan nyata pada kondisi kadar air di mana sel-sel pada benih memiliki air aktif (*water activity*) yang memungkinkan proses metabolisme dapat berlangsung. Proses metabolisme meningkat dengan meningkatnya kadar air benih, dan dipercepat dengan meningkatnya suhu ruang simpan. Peningkatan metabolisme benih menyebabkan kemunduran benih lebih cepat (Justice and Bass 1979). Kaidah umum yang berlaku dalam penyimpanan benih menurut Matthes *et al.* (1969) adalah untuk setiap 1% penurunan kadar air, daya simpan dua kali lebih lama. Kaidah ini berlaku pada kisaran kadar air 5-14%, dan suhu ruang simpan tidak lebih dari 40°C.

Secara praktis, benih dapat disimpan pada suhu kamar (28°C) atau ruang sejuk (12°C), bergantung pada lama penyimpanan dan kadar air benih yang akan disimpan. Apabila daya berkecambah benih dipertahankan di atas 80% (sesuai standar daya berkecambah), maka kadar air benih harus 12% (dapat dicapai melalui pengeringan dengan sinar matahari pada musim kemarau) agar daya berkecambah benih masih dapat dipertahankan sampai 10 bulan penyimpanan pada suhu kamar (28°C). Kalau kadar air benih dapat diturunkan hingga 10%, daya berkecambah benih dapat dipertahankan sampai 14 bulan, dan lebih dari 14 bulan kalau kadar air benih pada saat disimpan 8%. Daya berkecambah benih setelah penyimpanan 14 bulan masih tinggi (89,3%). Di lain pihak, pada kadar air 14%, benih hanya tahan disimpan selama delapan bulan, dan pada kadar air 16% hanya tahan disimpan sampai empat bulan.

Penyimpanan pada suhu sejuk (12°C), daya berkecambah benih masih di atas 80% dengan kadar air 16% dan dapat bertahan selama enam bulan. Apabila kadar air diturunkan menjadi 14%, benih akan bertahan sampai 12 bulan dan pada kadar air 8-12% dapat bertahan sampai 18 bulan (Gambar 4 dan 5). Daya simpan benih selain bergantung pada suhu ruang simpan juga bergantung pada kadar air awal. Jika disimpan pada kadar air < 10% pada suhu ruang simpan 28°C, daya berkecambah masih di atas 80% sampai pada penyimpanan 16 bulan. Jika kadar air dinaikkan menjadi 12%, daya berkecambah benih pada penyimpanan 16 bulan hanya sekitar 60%, pada kadar air 14% daya berkecambahnya hanya 40%, bahkan pada kadar 16% benih sudah tidak berkecambah setelah penyimpanan enam bulan (Gambar 4).



Gambar 4. Daya berkecambah benih jagung pada berbagai tingkat kadar air dan periode simpan pada suhu sejuk (12°C). Sumber: Saenong *et al.* (1999).



Gambar 5. Daya bekecambah benih jagung pada berbagai tingkat kadar air dan periode simpan pada suhu udara rata-rata 28°C. Sumber: Saenong *et al.* (1999).

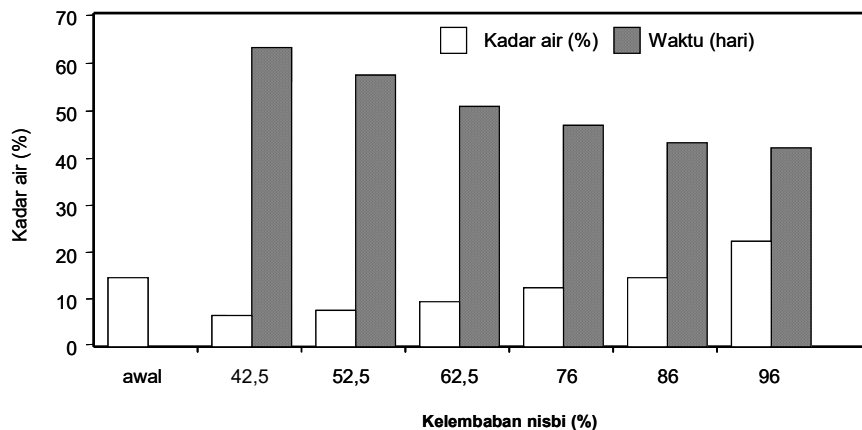
HUBUNGAN KELEMBABAN RELATIF DENGAN KADAR AIR BENIH

Benih akan mencapai keseimbangan kadar air dengan kelembaban relatif (RH) di sekitarnya. Waktu yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan kadar air benih jagung dipengaruhi oleh RH lingkungan. Pada benih jagung, proses absorpsi (penyerapan) lebih cepat dibanding proses desorpsi (pelepasan) uap air dari benih.

Keseimbangan kadar air benih jagung dapat diperoleh pada 39 hari penyimpanan pada RH 96%, 42 hari pada RH 86%, 46 hari pada RH 76%, 51 hari pada RH 62,5%, 59 hari pada RH 52,5%, dan 65 hari pada RH 42,5% (Gambar 6).

Makin rendah kelembaban ruang simpan, proses terjadinya keseimbangan kadar air benih makin lama. Benih jagung yang sudah kering hendaknya disimpan pada ruang simpan tertutup rapat (kedap udara) atau pada ruang simpan dengan kelembaban udara tidak lebih dari 75%. Pada kondisi tersebut, kadar air benih jagung sudah mencapai 12% (maksimum kadar air benih) di daerah tropis dengan suhu udara ruang simpan 28-32°C. Pada musim hujan, kelembaban udara dapat mencapai 96%, sehingga benih yang disimpan pada kondisi terbuka (tidak kedap) akan cepat rusak karena kadar air benih dapat mencapai 21%, sehingga diperlukan penyedot udara (*dehumidifier*) agar keseimbangan kadar air benih menurun. Namun demikian, di pedesaan dengan fasilitas penyimpanan yang serba terbatas, petani yang menyimpan benih untuk kebutuhan usahatannya disarankan menggunakan kemasan kedap udara, antara lain jerigen plastik. Dengan menggunakan kemasan tersebut, kadar air benih relatif stabil ($\pm 11\%$) sampai periode simpan delapan bulan (Baco *et al.* 2000).

Benih yang disimpan pada kelembaban udara relatif 76%, daya berkecambahnya masih tinggi (95%) setelah 30 minggu (tujuh bulan) penyimpanan, namun vigornya turun hingga mencapai 20%. Implikasi dari data tersebut, apabila kondisi lapang optimal, maka jumlah benih yang tumbuh dapat mencapai 95%, tetapi dalam kondisi kurang optimal, jumlah

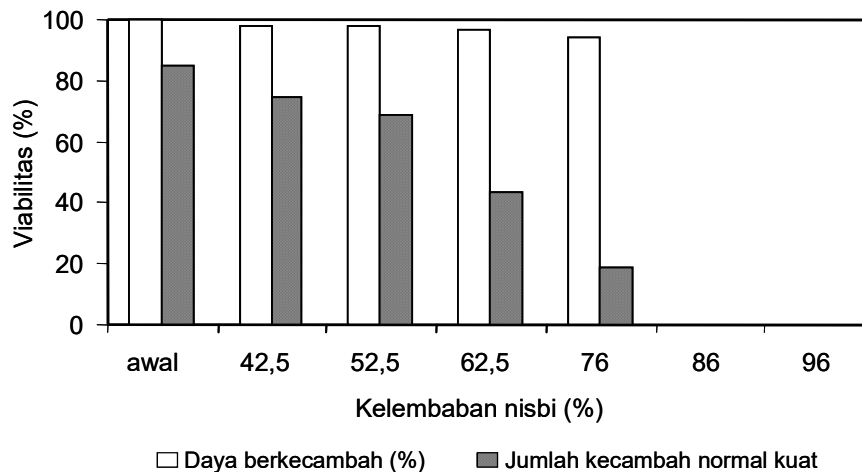


Gambar 6. Waktu yang dibutuhkan benih jagung untuk mencapai keseimbangan kadar air pada berbagai kelembaban nisbi.
Sumber: Saenong (1987).

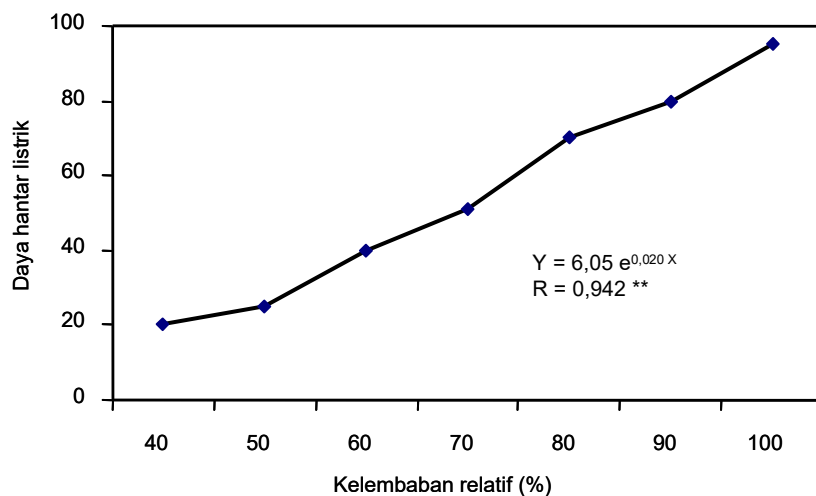
benih yang tumbuh hanya 20% (Gambar 7). Kematian benih yang disimpan pada ruang simpan lebih dari 76% karena meningkatnya kadar air benih yang dapat meningkatkan laju metabolisme di dalam benih dan diikuti oleh peningkatan suhu di sekitar benih, sehingga benih menjadi rusak.

Hasil penelitian Powell dan Matthews (1981) menunjukkan bahwa indikasi kemunduran benih yang paling dini adalah rusaknya fosfolipid yang terdapat dalam komponen membran. Priestley dan Leopold (1979) juga mengatakan bahwa penyebab dini kerusakan benih adalah terjadinya kerusakan membran. Oleh karena itu daya hantar listrik meningkat dengan meningkatnya kerusakan membran (Gambar 8).

Kadar air benih dapat bervariasi selama penyimpanan, bergantung pada kelembaban ruang simpan dan kedapatan bahan yang digunakan dalam penyimpanan benih. Dengan menggunakan jerigen plastik, kadar air benih lebih stabil (setelah disimpan delapan bulan sekitar 11%), sama dengan sebelum disimpan. Pada wadah penyimpanan lainnya telah terjadi peningkatan kadar air benih yang dapat berakibat buruk terhadap mutu benih. Penyimpanan dengan cara petani (tongkol berkelebot), kadar air benih dapat mencapai 24% pada periode simpan delapan bulan, jika disimpan pada ruang terbuka. Kerusakan benih yang disimpan dengan cara petani (kerusakan akibat cendawan *Aspergillus* sp.) mencapai 33%, sementara kerusakan benih yang disimpan pada jerigen plastik kedap udara hanya 3% (Baco *et al.* 2000).



Gambar 7. Daya berkecambah dan jumlah kecambah normal kuat pada beberapa tingkat kelembaban relatif (Saenong 1987).



Gambar 8. Daya hantar listrik benih jagung pada berbagai tingkat RH, setelah disimpan selama 30 minggu (Saenong 1987).

Tabel 16. Kadar air keseimbangan benih jagung, sorgum, dan gandum pada beberapa taraf kelembaban udara, suhu 25°C.

Komoditas	Kelembaban relatif (%)						
	15	30	45	60	75	90	100
Jagung kuning	6,4	8,4	10,5	12,9	14,8	19,1	23,8
Jagung putih	6,6	8,4	10,4	12,9	14,7	18,9	24,6
Sorgum	6,4	8,6	10,5	12,0	15,2	18,8	21,9
Gandum	6,7	8,6	9,9	11,8	15,0	19,7	26,3

Sumber: Copeland dan McDonald (1985).

Biji jagung mengandung karbohidrat 70-75%, protein 11-12%, dan lemak 5-9% (Bewley and Black 1978). Komponen karbohidrat dan protein cukup higroskopis, sehingga apabila benih disimpan pada ruang terbuka (tidak kedap udara), maka kadar air biji selalu seimbang dengan kelembaban relatif (RH) di sekitarnya. Pada Tabel 16 dapat dilihat bahwa kadar air benih akan meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban udara relatif. Karena itu, di daerah tropis basah, benih harus disimpan dalam wadah kedap udara (jerigen plastik) untuk skala rumah tangga, dan kantong plastik (*polibag*) dengan ketebalan minimal 0,2 mm untuk skala komersial, sebelum disimpan dalam silo kayu atau silo plastik kedap udara.

HUBUNGAN KUALITAS BENIH (VIGOR) DENGAN PRODUKTIVITAS

Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan hasil tanaman dari benih yang telah disimpan selama 18 bulan, yaitu 38% untuk benih berukuran besar dan 54% untuk benih berukuran kecil (Arief dan Saenong 2006). Penurunan hasil yang cukup besar akibat penggunaan benih dengan mutu fisiologi awal yang rendah diawali dengan pertumbuhan kecambah yang lambat, kurangnya jumlah tanaman tumbuh, lambatnya pertumbuhan tanaman, dan kurang tahannya terhadap cekaman lingkungan seperti kekurangan air atau suhu yang terlalu tinggi. Indeks panen dari seluruh perlakuan berkisar antara 0,26-0,39, tertinggi pada perlakuan yang menggunakan benih yang belum disimpan. Selanjutnya terjadi penurunan indeks panen pada tanaman dari benih yang telah lama disimpan. Peningkatan hasil (2,49-5,76 t/ha) yang dicapai sejalan dengan peningkatan indeks panen (0,26-0,39) seperti terlihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil pipilan kering, indeks panen, dan panjang tongkol jagung pada berbagai periode simpan (0-18 bulan) dari benih ukuran besar dan kecil. Maros, 2006.

Periode simpan (bulan)	Benih besar	Benih kecil	Rata-rata
Hasil pipilan kering (t/ha)			
0	5,76	5,38	5,57 a
6	5,40	5,23	5,32 a
12	4,09	4,17	4,13 b
18	3,58	2,49	3,04 c
Rata-rata	4,71	4,32	
KK (7,2%)			
Indeks panen			
0	0,39	0,38	0,38 a
6	0,38	0,35	0,36 b
12	0,35	0,31	0,33 c
18	0,29	0,26	0,27 d
Rata-rata	0,35	0,32	0,34
KK: 7,7%			
Panjang tongkol (cm)			
0	18,67	18,17	18,42 a
6	18,03	18,00	18,02 a
12	16,67	15,67	16,17 b
18	15,50	13,33	14,42 c
Rata-rata	17,22	16,29	16,75
KK: 4,9%			

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 uji Duncan

Sumber: Arief dan Saenong (2006).

Kadar N daun dari berbagai tingkatan mutu benih akibat perbedaan periode simpan juga mengalami perbedaan. Kadar N daun tertinggi diperoleh dari biji berukuran besar pada periode simpan 0 bulan, yaitu 3,1%, sedangkan kadar N daun terendah 2,5% diperoleh dari pertanaman yang menggunakan benih berukuran kecil dengan periode simpan 18 bulan (Arief dan Saenong 2006).

Rendahnya kadar N daun berpengaruh terhadap indeks panen dan panjang tongkol (Tabel 17), diameter tongkol, rendemen biji, dan tongkol ompong (Tabel 18), yang semuanya berpengaruh terhadap indeks panen dan hasil. Data ini mengindikasikan bahwa peningkatan produktivitas jagung tidak hanya ditentukan oleh penggunaan varietas unggul baru, tetapi juga benih bermutu tinggi.

Tabel 18. Diameter tongkol, nisbah biji: tongkol, dan persentase tongkol ompong: berisi jagung varietas Lamuru pada beberapa periode simpan dari benih ukuran besar dan kecil. Maros, 2006.

Periode simpan (bulan)	Benih besar	Benih kecil	Rata-rata
Diameter tongkol (cm)			
0	14,5	14,4	14,5 a
6	13,6	13,8	13,7 b
12	13,2	13,3	13,3 b
18	12,9	12,1	12,5 c
Rata-rata	13,5	13,4	13,5
KK (3,9%)			
Nisbah biji: tongkol (rendemen biji)			
0	88,7	82,8	85,7 a
6	88,3	78,4	82,3 ab
12	82,3	74,4	78,3 bc
18	74,8	71,2	73,0 c
Rata-rata	83,0 a	76,7 b	79,9
KK: 6,6%			
Tongkol ompong: berisi			
0	24,2	27,7	26,0 c
6	26,9	31,9	29,4 b
12	35,4	36,7	36,1 a
18	36,7	38,9	37,8 a
Rata-rata	30,7 a	33,8 b	32,3
KK: 5,6%			

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 uji Duncan.
Sumber: Arief dan Saenong (2006).

KESIMPULAN

1. Untuk menghasilkan benih dengan kualitas prima, periode produksi benih dirancang pada saat panen hujan sudah berkurang atau tidak ada hujan, agar proses pemasakan dan pengeringan biji tidak dipengaruhi oleh kondisi lapangan yang tidak menguntungkan, terutama kelembaban relatif. Kerusakan membran biji pada fase pemasakan biji dalam kondisi lembab (sering hujan) dapat meningkat sampai empat kali lipat dibanding kondisi kurang hujan.
2. Selain N, pemberian pupuk P dan K dapat meningkatkan kualitas benih yang dihasilkan, antara lain benih lebih tahan disimpan, bobot biji dan bobot kecambah lebih tinggi, dan integritas membran sel biji lebih baik yang dicerminkan oleh rendahnya nilai DHL dalam bocoran air rendaman benih.
3. Untuk menghemat biaya pengeringan, penundaan panen dapat dilakukan sampai 15 hari sesudah masak fisiologis agar kadar air benih menurun hingga mencapai 16-18%, asal kondisi lapang mendukung (selama proses pemasakan biji tidak ada hujan).
4. Pengeringan benih jagung pada kadar air awal sekitar 18% sebaiknya dilakukan pada suhu yang tidak lebih dari 40°C agar benih tahan disimpan lama dan jumlah biji retak akibat deraan suhu lebih rendah dibanding suhu 50°C.
5. Sortasi biji dalam tongkol jagung perlu dilakukan (membuang biji-biji yang berukuran kecil) di bagian bawah dan ujung tongkol untuk memperoleh benih berkualitas. Benih jagung yang berasal dari bagian tengah tongkol (3/5 bagian), lebih tahan disimpan daripada bagian bawah dan ujung tongkol. Namun hal tersebut tidak efisien, sehingga perlu menggunakan sortasi biji berdasarkan ukuran yang standar.
6. Kunci keberhasilan penyimpanan benih terletak pada pengaturan kadar air benih dan suhu ruang simpan. Pada kondisi suhu kamar (28°C), kadar air benih diturunkan menjadi 10%, daya berkecambah benih masih dapat dipertahankan hingga 80% setelah 16 bulan penyimpanan, dan satu tahun jika kadar air benih yang disimpan hanya mencapai 12%.
7. Benih jagung yang telah kering hendaknya disimpan pada kondisi kedap udara dan bebas serangga. Pada ruang simpan terbuka, dalam waktu 39 hari kadar air benih akan meningkat dari 12% menjadi 21%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Baki, A. 1969. Relationship of glucose metabolism to germinability and vigor in barley and wheat seeds. *Crop Sci.* 9:732-738.
- Arief, R., S. Saenong, dan N. Riani. 1997. Pengaruh letak biji pada tongkol dan ukuran biji terhadap daya simpan benih jagung. Laporan Tahunan Fisiologi 1997 (belum diterbitkan).
- Arief, R., S. Saenong, dan N. Widiyati. 1999. Evaluasi beberapa sifat biokimia dan fisiologi benih jagung (*Zea mays* L.) dari berbagai tingkat masak dan beberapa waktu penundaan pengeringan. Prosiding Seminar Hasil Pengkajian dan Penelitian Teknologi Pertanian Menghadapi Era Otonomi Daerah, 3-4 November di Palu, Sulteng.
- Arief, R., S. Saenong, dan N. Widiyati. 2002. Evaluasi sifat biokimia dan fisiologis benih pada berbagai tingkat masak terhadap daya simpan benih jagung (*Zea mays* L.) industri benih di Indonesia. Aspek penunjang pengembangan. Kerja sama Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih Jurusan Budi daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. p. 181-181.
- Arief, R., S. Saenong, T. M. Lando, Fauziah Koes, dan Rahmawati. 2001. Pengaruh cara pengeringan terhadap mutu dan daya simpan benih jagung. *Penelitian Pertanian* 20(3): 41-47.
- Arief, R. dan Sania Saenong. 2003. Ketahanan simpan benih jagung (*Zea mays* L.) dari beberapa takaran dan waktu pemberian kalium. *Journal Stigma*. Vol. XI No. 1. 5p.
- Arief, R. dan Sania Saenong. 2006. Pengaruh ukuran biji dan periode simpan benih terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 25(1):52-56.
- Baco, D., M. Yasin, J. Tandiang, S. Saenong, dan T. Lando. 2000. Penanggulangan kerusakan biji jagung oleh hama *Sitophilus zeamais* selama penyimpanan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 19 (1):1-5.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1978. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination*. 1st volume. Springer-Verlag, Berlin.
- BPSB Maros. 2000. Laporan hasil pengujian Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih, Maros.
- Bernardo, R. 2002. *Breeding for quantitative traits in plants*. Stemma Press, Woodbury, Minnesota.

- CIMMYT. 1994a. World maize facts and trends. Maize seed industries. Emerging Roles of the Publics and Private Sectors. Mexico, D.F. CIMMYT.
- CIMMYT. 1994b. Managing trials and reporting data for CIMMYT's international maize testing program. Mexico, DF.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. McMillan Pub.Comp. New York.
- Delouche, J.C. 1973. Precepts of seed storage. Seed technology laboratory. Miss. State University, USA. 27p.
- Delouche, J.C. 1990. Research on association of seed physical properties to seeds quality. Prepared for Seed Research Workshop. AARP II Project, Sukamandi, Indonesia.
- Departemen Pertanian. 2000. Luas Tanaman, Produksi dan Produktivitas Jagung. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development. Vol. 1. Theory and technique. Iowa State University. New York.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. *In*: T.T. Kozlowski (Ed.). Seed biology Vol. III. Academic Press. New York. p. 145-245.
- Harrington, J.F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. Seed Sci. and Technol. 1:453-461.
- ISTA. 2004. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association. USA.
- Justice. O.L. and L.N. Bass. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Publ. Ltd. 289 p.
- Kasryno, F. 2002. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia selama empat dekade yang lalu dan implikasinya bagi Indonesia. Diskusi Nasional Agribisnis Jagung. Badan Litbang dan Pengembangan Pertanian, Bogor, 24 Juni 2002.
- Lowe, L. B., B.S. Ayers, and S.K. Ries. 1972. Relationship of seed protein and amino acid composition to seedling vigor and yield of wheat. Agr. J. 64:608-611.
- Matthes, R.K., G.B. Welch, J.C. Delouche, and G.M. Dougherty. 1969. Drying, processing and storage of corn seed in tropical and subtropical regions. American Society of Agricultural Engineers, No. 1838.
- Muqnisyah, W. Q. and Nakamura. 1986. Vigor of soybean seed as influenced by sowing and harvest dates and seed size. Seed Science Technology 14:87-94.

- Patiroi, A.R. 1988. Daya simpan benih jagung HC9 pada berbagai kombinasi pemupukan dan kondisi penyimpanan. Tesis S1 Fak. Pertanian UNHAS, Makassar.
- Pian, Z.A. 1981. Pengaruh uap etil alkohol terhadap viabilitas benih jagung (*Zea mays* L.) dan pemanfaatannya untuk menduga daya simpan. Disertasi Fak. Pasca Sarjana IPB. 279 p.
- Powell, A.A. and S. Matthews. 1981. Association of phospholipid changes with early stages of seed ageing. *Ann.Bot.* 47:709-712.
- Priesley, D.A., and A.C. Leopold. 1979. Absence of lipid oxidation during accelerated aging of soybean seeds. *Plant Physiol.* 63:726-729.
- Rahmawati, Y. Sinuseng, dan S. Saenong. 2005. Pengaruh ukuran biji pada berbagai tingkat kadar air terhadap viabilitas benih. Makalah disampaikan pada Seminar Evaluasi Hasil RPTP Balitsereal, 11-14 Juli 2005, Maros.
- Saenong, S. 1982. Pengaruh vigor benih terhadap vigor tanaman di lapang dan daya simpan benih jagung. Magister Tesis. FPS IPB, 127p.
- Saenong, S. 1986. Kontribusi vigor awal terhadap daya simpan benih jagung (*Zea mays* L.) dan kedelai (*Glycine max* L.Merr). Disertasi Fak. Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Saenong, S. 1987. Kadar air keseimbangan dan upaya mempertahankan viabilitas benih jagung (*Zea mays* L.) dan kedelai (*Glycine max* L. Merr.) pada beberapa kelembaban nisbi. *Agrikam* 2(3):79-88 p.
- Saenong, S. 1988. Teknologi benih jagung. *Dalam:* Subandi, M. Syam, dan Adi Widjono (*Eds.*). Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Saenong, S., Syafruddin, N. Widiyati, dan R. Arief. 1999. Penetapan cara pendugaan daya simpan benih jagung. *Teknologi Unggulan, Pemacu Pembangunan Pertanian* Vol. 2, Januari 1997. Badan Litbang Pertanian.
- Sinuseng, Y., I.U. Firmansyah, S. Saenong, dan Rahmawati. 2004. Teknik pengeringan, pemipilan, dan penyimpanan benih jagung. Makalah disampaikan pada Pelatihan Peningkatan Kemampuan Petugas Produksi Benih Sereal. Balitsereal, Maros, 14-16 Juli 2004.
- Subandi, Inu G. Ismail, dan Hermanto. 1998. Jagung: teknologi produksi dan pascapanen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Suseno, H. 1975. Fisiologi dan biokimia kemunduran benih. *Dasar-dasar teknologi benih. Capita Selecta.* Fak. Pertanian IPB. p.98-125.

- Syafruddin, Nenny Riani, dan S. Saenong. 1997. Pengaruh tingkat pemupukan (N,P,K dan S) terhadap vigor dan ketahanan simpan benih jagung. Laporan Hasil Penelitian Balitjas, Maros. (belum dipublikasikan).
- Thahir, R. Sudaryono, Soemardi, dan Soeharmadi. 1988. Teknologi pasca-panen jagung. *Dalam*: Subandi, M. Syam, dan Adi Widjono (Eds.). Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Welch, G.B. , and J.C. Delouche. 1967. Seed processing and storage facilities for tropical areas. For presentation at the 60th Annual Meeting American Society of Agricultural Engineers Meeting Jointly with the Canadian Society of Agricultural Engineering. Saskatoon, Saskatchewan. Paper No. 67-318. 21p.

Sistem Perbenihan Jagung

Bahtiar, S. Pakki, dan Zubachtirodin
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Benih merupakan faktor yang sangat menentukan keberhasilan usahatani jagung, sehingga harus ditangani secara sungguh-sungguh agar dapat tersedia dengan baik dan terjangkau oleh petani. Berbagai hasil penelitian komponen teknologi yang mendukung produksi benih telah tersedia, mulai dari cara penentuan lokasi, penyiapan lahan, teknologi budi daya, sampai pengolahan dan penyimpanan benih. Namun teknologi tersebut belum dapat diterapkan secara luas, sehingga benih masih sering tidak tersedia di tingkat petani. Oleh karena itu, perlu alternatif sistem produksi yang lebih efektif dan efisien, melalui penyederhanaan prosedur dan mekanisme produksi benih penjenis (BS), hingga benih sebar (BR).

Kepres 1972 tentang peran swasta yang ditindaklanjuti dengan UU 12/1992 dan PP 44/1995 tentang sertifikasi benih (Nugraha *et al.* 2003) memberi peluang kepada BUMN/swasta untuk berhubungan langsung dengan penyedia benih sumber (Balai Penelitian/Pusat Penelitian). Itu juga merupakan peluang kerja sama bagi kelompok-kelompok tani dengan Balai Penelitian dalam memproduksi benih sumber, sehingga mudah diakses dan terjangkau oleh pengguna.

Kajian perbenihan telah dimulai sejak 2003, dengan penekanan kepada sistem. Hasil kajian menunjukkan bahwa subsistem yang sudah mapan adalah subsistem produksi dan pengolahan, sedang subsistem distribusi dan pemasaran belum terorganisasi dengan baik, sehingga keberlanjutan sistem produksi benih sangat beragam antardaerah (Bahtiar *et al.* 2005).

Distribusi dan pemasaran benih memerlukan kebijakan yang tegas, terutama dalam hal wilayah sasaran, penetapan harga benih komposit, dan pemberlakuan aturan dan sanksi. Wilayah sasaran penyaluran benih ditetapkan berdasarkan kesesuaian lahan dengan varietas agar tidak terjadi persaingan yang tidak sehat antarprodusen benih. Wilayah subur dengan pengairan yang baik, misalnya, dapat ditetapkan sebagai wilayah benih jagung hibrida, sedang wilayah yang marginal dapat ditetapkan sebagai wilayah benih jagung komposit. Penetapan wilayah marginal dapat didasarkan pada tipe lahan, kesuburan tanah, ketersediaan air, dan faktor fisik lainnya, atau penetapan berdasarkan musim tanam yang dikaitkan dengan ekologi.

Harga benih sering dikeluhkan petani dan menjadi penyebab utama penggunaan benih turunan oleh petani. Karena itu, harga benih perlu ditetapkan dan dipantau agar selalu terjangkau oleh petani.

PREDIKSI KEBUTUHAN BENIH JAGUNG

Perkiraan kebutuhan benih jagung antara lain dapat didekati dengan menghitung luas tanam, proporsi penggunaan benih hibrida dan komposit, dan penyebaran penggunaan varietas.

Luas Tanam

Luas tanam jagung dalam periode 1996-2005 berkisar antara 1,5-3,8 juta ha. Tujuh propinsi dengan areal pertanaman jagung terluas berturut-turut Jawa Timur (1,07 juta ha), Jawa Tengah (0,52 juta ha), Lampung (0,34 juta ha), Sulawesi Selatan (0,22 juta ha), Nusa Tenggara Timur (0,21 juta ha), Sumatera Utara (0,19 juta ha), dan Jawa Barat (0,15 juta ha) (Tabel 1).

Luas tanam tersebut terus diupayakan meningkat. Pada tahun 2007, luas tanam jagung ditargetkan 3,80 juta ha (Ditjen Tanaman Pangan 2007). Untuk memudahkan menghitung kebutuhan benih, periode tanam dikelompokkan menjadi tiga: Januari-April, Mei-Agustus, dan September-Desember. Periode tanam September-Desember membutuhkan benih 39.871 ton untuk luas tanam 3,8 juta ha (Tabel 2). Pemerintah memberikan bantuan benih bermutu untuk 900.000 ha areal pertanaman jagung yang terdiri atas 700.000 ha hibrida dan 200.000 ha komposit. Dengan demikian, benih untuk 2,9 juta ha areal lainnya disediakan oleh petani sendiri.

Proporsi Penggunaan Benih Jagung

Proporsi penggunaan benih jagung unggul dengan jagung lokal perlu diketahui dalam pembuatan program perbenihan jagung nasional. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa peluang penggunaan benih bermutu masih luas. Selama kurun waktu 1985-1999, proporsi penggunaan varietas unggul, baik hibrida maupun komposit, meningkat dari 26,7% menjadi 80% (Tabel 3). Namun dalam periode tersebut belum ada pemisahan benih varietas hibrida dengan varietas unggul komposit serta antara benih F1 dan turunannya, sehingga jumlahnya menjadi sangat tinggi.

Hasil survei pada tahun 2003 menunjukkan, penggunaan varietas unggul telah mencapai 47%, termasuk 27% hibrida (Nugraha *et al.* 2003), berarti sekitar 53% areal pertanaman jagung masih menggunakan varietas lokal.

Tabel 1. Luas tanam jagung dalam periode 1996-2005 di Indonesia.

Propinsi	Luas tanam ('000 ha)										Rata-rata
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
NAD	79,5	41,1	52,9	31,4	22,0	28,1	27,1	21,7	25,8	29,5	35,9
Sumut	33,5	218,4	195,5	225,5	223,2	201,7	208,0	198,7	210,9	218,6	193,4
Sumbar	11,9	22,2	32,5	31,2	25,3	21,9	27,7	23,3	25,9	39,8	26,2
Riau	11,1	21,9	22,8	29,7	20,3	15,5	19,3	15,7	25,1	16,5	19,8
Jambi	15,0	10,8	20,5	22,1	14,1	10,8	12,5	12,3	14,7	8,9	14,2
Sumsel	17,4	54,3	58,1	61,2	41,4	25,5	24,8	24,1	35,4	26,9	36,9
Bengkulu	12,2	38,2	33,8	35,8	23,4	26,4	28,0	30,9	28,9	32,0	29,0
Lampung	68,5	390,7	375,7	441,3	364,9	353,9	339,3	313,5	357,4	411,6	341,7
Babel						535,0	456,0	711,0	2,0	945,0	928,0
Kep. Riau										290,0	290,0
Sumatera	249,1	797,6	791,8	878,3	734,6	684,4	687,2	640,8	726,0	785,0	697,5
DKI Jakarta	0,0	10,0	91,0	28,0	51,0	28,0	28,0	39,0	38,0	37,0	35,0
Jabar	71,3	162,4	231,1	196,8	163,3	150,1	139,8	154,6	154,0	117,4	154,1
Jateng	185,3	569,2	570,9	606,6	542,8	534,7	526,0	521,3	590,1	596,3	524,3
DIY	63,0	65,3	79,5	74,6	69,4	71,1	68,9	72,7	71,3	72,7	70,9
Jatim	416,4	1.139,2	1.295,7	1.213,4	1.137,8	1.116,4	1.107,3	1.054,5	1.056,0	1.206,2	1.074,3
Banten						13,6	11,4	11,2	12,1	10,3	11,7
Jawa	735,9	1.936,2	2.177,3	2.091,4	1.913,3	1.886,0	1.853,4	1.814,4	1.883,6	2.003,0	1.829,4
Bali	19,2	43,7	40,1	46,4	38,2	35,2	35,4	42,4	40,2	30,8	37,2
NTB	133,4	33,9	51,9	38,4	22,2	33,0	34,8	39,9	34,4	39,4	46,1
NTT	6,3	238,7	236,9	236,8	281,6	261,5	212,1	127,3	223,8	239,6	206,5
Bali + NT	159,3	366,5	377,0	321,6	342,1	329,7	282,4	209,6	298,4	309,8	299,6

Tabel 1. Lanjutan.

Propinsi	Luas tanam ('000 ha)										Rata-rata
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Kalbar	5.4	34.7	24.6	34.9	25.6	24.4	29.7	37.6	31.5	37.7	28.6
Kalteng	6.1	6.9	8.4	10.5	8.2	6.7	7.1	5.0	7.5	1.4	6.8
Kalsel	9.1	22.5	21.7	24.9	30.3	24.3	20.2	22.9	24.6	15.6	21.6
Kalim	4.8	9.3	14.2	11.2	10.0	10.8	12.6	10.2	10.9	4.7	9.9
Kalimantan	25.4	73.4	68.9	81.5	74.1	66.2	69.6	75.8	74.6	59.5	66.9
Sulut	12.3	62.0	67.4	84.2	95.1	60.7	45.3	71.2	70.8	71.6	64.1
Sulteng	7.4	15.3	27.8	34.7	24.3	24.7	29.2	24.9	27.9	26.8	24.3
Sulsel	27.3	331.9	295.3	265.5	245.1	222.6	214.8	188.7	226.8	206.8	222.5
Sultra	4.6	42.7	41.7	69.6	37.2	37.9	35.1	40.1	45.5	32.7	38.7
Gorontalo						42.9	29.8	82.0	59.2	107.8	64.3
Sulbar										5.2	5.2
Sulawesi	51.7	452.0	432.1	454.1	401.6	388.7	354.2	406.8	430.2	450.8	382.2
Maluku	954.0	9.0	7.0	8.0	4.5	7.2	5.1	6.1	6.2	6.1	6.0
Maluku Utara		5.1	10.2	4.4	36.4	48.4	5.2	16.3		2.1	16.0
Papua										3.8	3.8
Irian Jaya Barat	5.6									2.1	3.8
Maluku+Irija	6.6	14.1	17.2	12.4	40.9	55.6	10.3	22.5	6.2	14.1	20.0
Indonesia	1.228.1	3.639.8	3.864.3	3.839.3	3.506.7	1.559.8	3.257.0	3.169.8	3.419.0	3.622.2	3.110.6

Sumber: Direktorat Budidaya Sereal (2006), setelah diolah

Tabel 2. Sasaran luas tanam dan kebutuhan benih jagung di Indonesia, 2007.

Propinsi	Luas tanam ('000 ha) ¹⁾				Kebutuhan benih (ton) ²⁾			
	Jan-Apr	Mei-Ags	Sep-Des	Jumlah	Jan-Apr	Mei-Ags	Sep-Des	Jumlah
NAD	11,3	14,1	11,1	36,5	225	283	222	730
Sumut	89,6	64,0	59,9	213,5	1.792	1.281	1.198	4.271
Sumbar	13,5	13,8	18,4	45,7	270	276	367	913
Riau	10,8	7,0	8,1	26,0	217	141	163	520
Jambi	4,4	7,4	5,3	17,1	88	148	107	343
Sumsel	6,9	16,1	12,6	35,6	138	323	251	712
Bengkulu	13,7	11,7	13,5	38,9	273	234	270	778
Lampung	141,7	74,5	195,0	411,2	2.835	1.489	3,9	8.223
Babel	751,0	416,0	760,0	1,9	15	8	15	39
Kep. Riau	171,0	162,0	138,0	471,0	3	3	3	9
Sumatera	292,8	209,3	324,8	826,9	5.857	4.187	6.496	16.539
DKI Jakarta	11,0	12,0	9,0	32,0	0	0	0	1
Jabar	38,1	9,4	76,1	123,6	763	187	1.522	2.471
Jateng	118,6	146,8	292,0	557,4	2.372	2.935	5.839	11.147
D.I.Y	5,7	6,7	54,6	67,0	115	134	1.091	1.34
Jatim	247,2	260,8	657,3	1.165,4	4.944	5.217	13.147	23.308
Banten	4,0	2,7	5,0	11,7	79	54	101	233
Jawa	413,7	426,4	1.085,0	1.925,0	8.273	8.527	21,7	38.501
Bali	3,1	3,5	24,9	31,6	63	70	498	631
NTB	14,8	7,3	28,9	51,0	296	147	578	1.021
NTT	42,4	13,0	187,6	242,9	847	260	3.751	4.858
Bali + N. Tenggara	60,3	23,9	241,4	325,5	1.205	477	4.828	6.51
Kalbar	8,4	13,3	23,7	45,3	168	265	474	907
Kalteng	1,6	1,8	3,9	7,4	32	37	79	148
Kalsel	8,8	4,7	12,9	26,3	175	94	258	527
Kaltim	1,4	1,6	2,9	5,9	28	32	58	118
Kalimantan	20,1	21,4	43,4	85,0	403	428	868	1.699
Sulut	34,9	39,2	41,9	116,1	699	785	839	2.322
Sulteng	12,9	9,7	10,2	32,8	258	193	204	656
Sulsel	59,5	41,2	154,3	255,0	1.191	824	3.086	5.101
Sultra	10,8	6,0	22,8	39,6	217	121	455	793
Gorontalo	60,6	39,1	56,8	156,6	1.212	783	1.137	3.132
Sulbar	5,1	5,1	5,2	15,4	103	102	104	309
Sulawesi	183,9	140,4	291,3	615,6	3.679	2.807	5.825	12.311
Maluku	2,1	2,0	2,8	6,9	43	39	55	137
Maluku Utara	2,8	2,3	2,5	7,5	55	46	50	151
Papua	587,0	726,0	785,0	2,1	12	15	16	42
Irian Jaya Barat	1,9	1,6	1,7	5,1	38	31	33	102
Maluku+Papua	7,4	6,5	7,7	21,6	147	131	154	432
Indonesia	978,2	827,8	1.993,5	3.799,6	19.564	16.557	39.871	75.992

Sumber: ¹⁾ Ditjen Tanaman Pangan (2007), setelah diolah.²⁾ Asumsi kebutuhan benih jagung per hektar adalah 20 kg.

Tabel 3. Perbandingan penggunaan jagung varietas unggul dengan varietas lokal dalam periode 1984-99.

Tahun	Varietas	Pangsa (%)
1985-1986	Unggul (Hibrida dan VBB) Lokal	26,8
1986-1987	Unggul (Hibrida dan VBB) Lokal	30,0
1992-1993	Unggul (Hibrida dan VBB) Lokal	44,0
1999	Unggul (Hibrida dan VBB) Lokal	80,0

Sumber: Saenong *et al.* (2007).

Tabel 4. Penyebaran varietas jagung di Indonesia dalam periode 2002-2005/06.

Musim tanam	Luas tanam (ha)			
	Hibrida	Komposit unggul baru	Komposit unggul lama	Lokal
2002	298.318	157.780	5.833	180.219
2002/2003	425.430	303.629	11.580	542.695
2003	377.674	217.161	14.979	430.083
2003/2004	272.441	152.689	14.269	359.178
2004	459.897	204.520	32.268	263.805
2004/2005	635.458	279.953	20.500	790.603
2005	449.072	162.079	21.070	221.751
2005/2006	505.479	220.240	39.271	520.471
Jumlah	3.423.769	1.698.051	159.770	3.308.805
Proporsi (%)	427.971	212.256	19.971	413.601
	39,85	19,77	1,86	38,52

Sumber: Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan (2006), diolah.

Hal ini merupakan peluang bagi usaha produksi benih jagung varietas unggul, baik hibrida maupun komposit.

Telaah data yang lebih detail untuk periode 2002-2006 menunjukkan luas tanam varietas jagung hibrida sudah mencapai 427.971 ha (39,9%), komposit unggul baru 212.256 ha (19,8%), komposit unggul turunan yang berasal dari benih sebar 19.971 ha (1,9%), dan varietas lokal hampir menyamai varietas hibrida yaitu 413.601 ha (38,5%) (Tabel 4).

Informasi tersebut memberi gambaran bahwa peningkatan produksi jagung nasional melalui upaya penyediaan benih bermutu masih memungkinkan, karena sekitar 40% pertanaman jagung tidak jelas mutu genetik benihnya (komposit lama dan lokal).

Berdasarkan tingkat hasil dalam kegiatan produksi benih sumber, satu hektar pertanaman benih penjenis (BS) dapat menghasilkan 3,0 ton benih

Tabel 5. Perkembangan produksi benih sumber jagung komposit di Indonesia dalam periode 2000-2004.

Benih sumber	Produksi benih sumber (ton)				
	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Breeder Seed</i> (BS) atau Benih Sumber (BS)	1,43	1,00	1,00	0,91	0,68
<i>Foundation Seed</i> (FS) atau Benih Dasar (BD)	24,38	31,55	36,41	45,68	54,28
<i>Stock Seed</i> (SS) atau Benih Pokok (BP)	63,27	62,85	64,4	65,65	68,73
<i>Extension Seed</i> (ES) atau Benih Sebar (BR)	10.060	10.718	12.773	19.600	17.741

Catatan: Belum termasuk yang diproduksi oleh BUMN/Swasta
Sumber: Deptan (2006).

dasar (BD). Benih tersebut dapat ditanam pada luasan 150 ha dengan hasil 4 t/ha atau 600 ton benih pokok (BP). Benih tersebut dapat ditanam pada luasan 30.000 ha untuk memperoleh benih sebar (BR) sebanyak 120 juta ton (produktivitas 4 t/ha) yang siap disebar kepada pengguna. Kenyataannya, benih komposit dari berbagai kelas yang dapat tersedia pada tahun 2004 hanya 17.741 ton (Tabel 5).

Penyebaran Varietas

Benih jagung komposit seperti Arjuna, Lamuru, dan Sukmaraga telah menyebar ke sentra-sentra produksi jagung. Varietas Arjuna menyebar ke 22 propinsi, terluas di Jawa Timur, Lampung, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, dan Sumatera utara. Varietas yang baru dilepas seperti Srikandi Kuning sudah dikembangkan di Jawa Timur sebagai tanaman sela pada areal pertanaman kelapa sawit. Jagung komposit yang paling disenangi petani adalah Arjuna dan Bisma yang telah meluas penyebarannya di Jawa Timur, Lampung, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, dan Kalimantan Barat. Pada MT 2005/06 luas pertanaman jagung komposit 163.359 ha. Tujuh varietas yang paling dominan adalah Arjuna, Bisma, Kalingga, Lamuru, Harapan, Kresna, dan Sukmaraga (Tabel 6).

Hingga saat ini masih banyak petani yang menanam varietas lokal dan varietas unggul lama yang benihnya belum pernah diperbaharui. Nama sebagian varietas lokal yang ditanam bahkan tidak lagi dikenal. Areal pertanaman varietas lokal lebih dari 200 ribu ha (Tabel 7). Penyebaran varietas lokal yang spesifik, seperti varietas Manado Kuning, hanya di Sulawesi Utara, Kretek dan Genjah Kertas di beberapa daerah di Jawa.

Tabel 6. Penyebaran varietas jagung komposit di Indonesia pada MT 2005/06.

Varietas	Luas tanam		Daerah penyebaran terluas	Jumlah propinsi
	(ha)	(%)		
Arjuna	62.756	38,42	Jatim, Lampung, Sulteng, Sulsel, dan Sumut	22
Bisma	57.514	35,21	Jatim, Sulteng, Sulut, Sumut dan Lampung	21
Kalingga	15.443	9,45	Sulut, Sulteng, NTT, Jateng, dan Riau	11
Lamuru	11.067	6,77	Gorontalo, Sulsel, Sulteng, Lampung dan NTT	13
Harapan	6.070	3,72	NTT, Jatim, Jabar, Sumbar, dan Sumsel	5
Kresna	3.751	2,30	Sulteng, NTT, Sumbar, dan NTB	4
Sukmaraga	1.641	1,00	Lampung, Sultra, Gorontalo, Kalsel, dan Jabar	7
Gumarang	107	0,07	NTT dan Kalbar	2
Palakka	45	0,03	Lampung	1
Lagaligo	44	0,03	Sulsel	1
Srikandi	32	0,02	Sumbar dan Maluku	2
Jumlah	163.359	100,00		

Sumber: Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan (2006), diolah

Tabel 7. Penyebaran vaerietas jagung lokal yang dominan di Indonesia pada MT 2005/06.

Varietas	Luas tanam		Daerah penyebaran terluas	Jumlah propinsi
	(ha)	(%)		
Lokal tanpa nama	153.028	70,35	Jatim, NTT, Jateng, Sultra, Gorontalo	23
Lain-lain	46.320	21,29	Lampung, Jabar, Gorontalo, Sulut, Bengkulu	10
Kretek	7.009	3,22	Jatim, Jabar	2
Genjah Kertas	5.982	2,75	Jatim, DIY, Jateng	3
Manado Kuning	5.192	2,39	Sulut	1
Jumlah	217.531	100		

Sumber: Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan (2006), diolah.

Tabel 8. Target penggunaan varietas jagung di Indonesia.

Tahun	Hibrida (%)	Komposit (%)		
		Unggul, benih berkualitas	Unggul, benih petani	Lokal, benih petani
2005	30	5	40	25
2010	50	25	10	15
2015	60	25	5	10
2020	70	25	0	5
2025	75	20	0	5

Sumber: Damardjati *et al.* (2005).

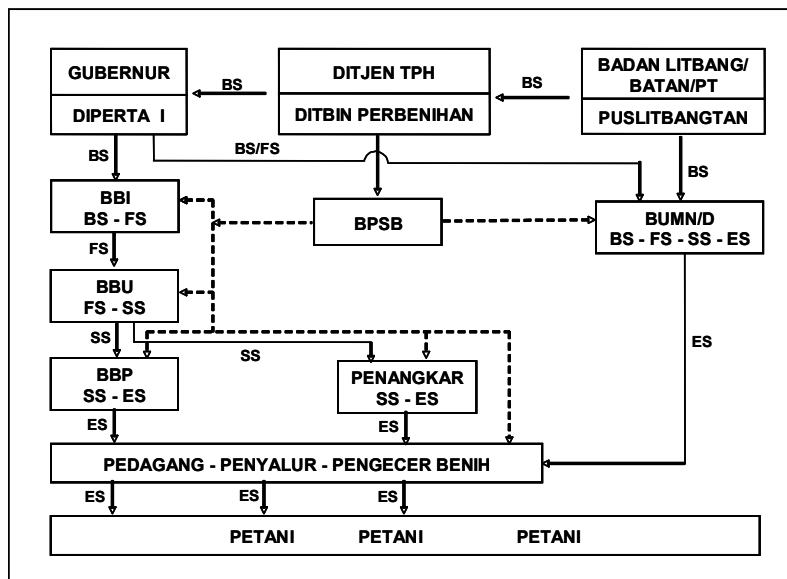
Upaya peningkatan produksi jagung melalui penggunaan benih bermutu merupakan langkah yang strategis. Pada tahun 2010 mendatang penggunaan benih hibrida diharapkan sudah mencapai 50%, komposit unggul 25%, sisanya komposit turunan dan lokal (Tabel 8).

SISTEM PRODUKSI BENIH JAGUNG

Berdasarkan Peraturan Pemerintah tentang sistem produksi benih sumber, jalur produksi benih sumber dapat dilihat pada Gambar 1. Terdapat dua jalur produksi benih. Pertama, melalui jalur birokrasi, mulai dari pengiriman BS Balai Penelitian ke Dinas Pertanian Propinsi di bawah koordinasi Direktorat Jenderal Tanaman Pangan untuk produksi benih dasar (BD) di BBI. Seterusnya dilanjutkan ke Dinas Pertanian Kabupaten/Kota untuk produksi benih pokok (BP) di BBU. Benih yang diproduksi oleh BBU disebar ke penangkar yang telah terlatih untuk memproduksi benih sebar yang siap disebar ke pengguna. Jalur tersebut relatif panjang dan sulit mengendalikan mutu benih. Kedua, melalui jalur kerja sama Balai Penelitian dengan BUMN/swasta untuk memproduksi benih dasar-sebar (BS-BR) yang siap digunakan oleh petani. Jalur ini lebih pendek dan ditangani langsung oleh para profesional, terutama di BUMN/swasta. Swasta lebih mengedepankan aspek keberlanjutan dan keuntungan sehingga mutu merupakan prioritas utama. Oleh karena itu, hal yang penting diperhatikan dalam penataan sistem perbenihan komposit, adalah aspek kemitraan dan wilayah sasaran.

Kemitraan

Model produksi benih jagung komposit yang telah teruji di lapangan antara lain adalah model penangkaran berbasis komunal di Kabupaten Lombok Timur. Dalam hal ini Balitsereal mengirimkan benih sumber dan menyertakan



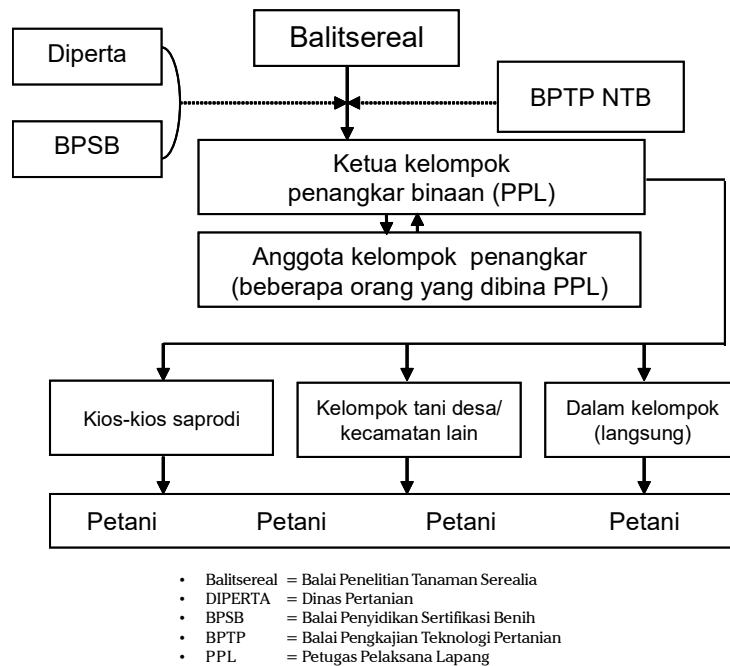
Gambar 1. Jalur produksi benih sumber di Indonesia
(Sumber: Nugraha *et al.* 2003).

pendamping teknologi produksi dan pascapanen. Penangkar binaan menyediakan lahan dan mengatur sistem kerja dalam kelompok, termasuk biaya sarana produksi, tenaga kerja, dan penetapan harga hasil panen secara bermusyawarah (Gambar 2).

Model perbenihan tersebut berjalan dengan baik. Pada tahun 2004, penangkar binaan mampu menghasilkan benih dasar sebanyak 11,2 ton dan benih sebar 8,8 ton yang semuanya didistribusikan ke pengguna. Pada tahun 2005, masing-masing penangkar binaan menghasilkan 3,7 ton benih dasar dan 6,1 ton melalui kerja sama dengan Balitsereal (Saenong *et al.* 2005).

Balitsereal terus berupaya memproduksi benih penjenis (BS) dan benih dasar untuk mendukung penangkaran di berbagai propinsi. Jumlah benih BS/BD pada tahun 2005 baru 214 kg benih penjenis dari dua varietas, dan pada tahun 2006 meningkat menjadi 1.918 kg dari lima varietas. Penggunaan benih dasar juga meningkat dari 410 kg menjadi 1.733 kg (Tabel 9).

Dua faktor kunci memegang peranan penting dalam mendukung keberlanjutan pengadaan benih bermutu adalah ketepatan pengiriman benih sumber oleh Balai Penelitian dan kemampuan penangkar binaan dalam mengadopsi teknologi produksi benih dan memasarkannya.



Gambar 2. Mekanisme pembinaan kelompok penangkar di Nusa Tenggara Barat.

Tabel 9. Penyebaran benih sumber dalam periode 2005-2006 di Balitsereal.

Varietas	Tahun 2005 (kg)		Tahun 2006 (kg)	
	BS	FS	BS	FS
Lamuru	159	10	610	140
Bisma	55	0	259	20
Sukmaraga	0	0	515	76
Srikandi Kuning	0	400	407	1051
Srikandi Putih	0	0	127	446
Jumlah	214	410	1918	1733

BS = benih penjenis, FS = benih dasar

Sumber: Unit Komersialisasi Teknologi, Balitsereal (2007).

Wilayah Produksi Benih

Tiga hal pokok dalam menentukan wilayah produksi benih adalah kelas benih yang diperlukan, jumlah kebutuhan, dan waktu diperlukan. Berdasarkan data penyebaran benih sumber, varietas Lamuru banyak

diminati penangkar di 17 propinsi, terutama di Sulawesi Selatan (235 kg), Maluku Utara (155 kg), Nusa Tenggara Barat (54 kg), dan Nusa Tenggara Timur (55 kg). Varietas lain yang juga telah mulai menyebar penggunaan benihnya adalah Sukmaraga, meliputi 15 propinsi, terutama di daerah yang tingkat kemasaman tanahnya di atas normal seperti Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan (Tabel 10).

TANTANGAN DAN MASALAH

Salah satu masalah dalam penyebaran benih bermutu adalah tidak tersedianya bagi petani pada saat dibutuhkan. Pada umumnya petani merasakan harga benih bermutu tergolong mahal. Hal ini semakin sulit di daerah yang jauh dari sumber benih.

Tantangan ke depan dalam penyediaan benih bermutu adalah pembinaan penangkar di sentra pertanian jagung. Dalam pembinaan selama ini oleh Balitsereal masih menemui masalah, terutama kurangnya kesadaran menerapkan teknologi anjuran dan terbatasnya modal kerja penangkar. Keterbatasan modal tidak jarang menyebabkan penangkar tidak optimal melaksanakan petunjuk teknis pengelolaan, sehingga mutu benih yang dihasilkan rendah.

Kendala lain dalam pengelolaan benih yang membutuhkan modal awal cukup besar. Terbatasnya gudang penyimpanan menyebabkan penangkar menyimpan benih dalam karung. Daya tumbuh benih yang disimpan dalam karung hanya dapat bertahan 2-3 bulan dan setelah itu benih sudah terserang oleh hama gudang.

Daya tumbuh benih yang disebarkan secara terpusat dan serentak sudah menurun setelah sampai di daerah. Oleh karena itu, perbenihan sebaiknya dikelola secara regional oleh masing-masing BBI agar dapat tersedia dan terdistribusi tepat waktu.

Masalah lain adalah keraguan penangkar dalam menjual benih karena petani mereka belum menyadari manfaat benih bermutu. Sebagian penangkar berpendapat bahwa benih akan tersalur dengan baik jika melalui program pemerintah. Di beberapa wilayah, petani masih menggunakan benih jagung yang bermutu rendah produksi sendiri. Di beberapa sentra produksi jagung, petani memanfaatkan benih bermutu dari penangkar benih, khususnya jenis komposit, seperti di Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat.

Masalah perbenihan jagung dapat dipecahkan antara lain melalui pengembangan pembinaan kelompok-kelompok penangkar benih di

Tabel 10. Distribusi penyebaran benih penjenis (BS) dan benih dasar (BD) 2006.

Propinsi	Varietas	Benih (kg)		Propinsi	Varietas	Benih (kg)	
		BS	FS			BS	FS
Sumut	Lamuru	10	0	Kalteng	Lamuru	10	0
	Bisma	30	0		Bisma	5	0
	Sukmaraga	10	0		Srikandi Putih	5	0
Sumbar	Lamuru	0	10	Kalsel	Lamuru	5	0
	Bisma	15	5		Sukmaraga	105	0
	Sukmaraga	45	5	Kaltim	Lamuru	5	0
Srikandi Kuning	5	0	Sukmaraga		10	0	
Riau	Sukmaraga	30	0	Sulut	Bisma	40	0
Jambi	Bisma	5	0		Sukmaraga	5	0
Sumsel	Srikandi Kuning	0	10		Srikandi Kuning	0	220
Lampung	Srikandi Kuning	10	0	Sulteng	Srikandi Putih	0	120
Babel	Sukmaraga	75	0		Lamuru	25	0
Jabar	Lamuru	45	0		Sukmaraga	30	0
	Bisma	10	0	Srikandi Kuning	50	0	
	Srikandi Kuning	5	0	Sulsel	Lamuru	235	115
Jateng	Srikandi Putih	45	100		Bisma	15	20
DIY	Bisma	25	0	Sultra	Sukmaraga	5	50
Jatim	Lamuru	25	0		Srikandi Kuning	20	0
	Bisma	60	0		Lamuru	5	0
	Sukmaraga	50	20	Sukmaraga	5	0	
	Srikandi Kuning	10	820	Gorontalo	Sukmaraga	10	0
	Srikandi Putih	30	220		Srikandi Kuning	155	0
	Bali	Bisma	10	0	Sulbar	Lamuru	30
Sukmaraga		10	0	Mal.Utara		Lamuru	155
Srikandi Kuning		5	0	Bisma	5	0	
NTB	Srikandi Putih	10	0	I.J. Barat	Srikandi Kuning	20	0
	Lamuru	54	0		Lamuru	25	0
	Sukmaraga	5	0		Bisma	10	0
NTT	Srikandi Kuning	5	0	Papua	Srikandi Kuning	25	0
	Lamuru	55	0		Lamuru	5	0
	Srikandi Kuning	5	0		Bisma	4	1
Kalbar	Srikandi Putih	25	5		Sukmaraga	5	1
	Lamuru	30	0		Srikandi Kuning	2	1
	Bisma	20	0		Srikandi Putih	2	1
	Sukmaraga	110	0				
	Srikandi Kuning	40	0				
	Srikandi Putih	10	0				

BS = Benih penjenis

FS = Benih dasar

Sumber: Unit Komersialisasi Teknologi Balitsereal (2007)

pedesaan, terutama di sentra-sentra produksi. Optimalisasi kerja sama Balai Penelitian dengan instansi terkait seperti Balai Benih Induk, Ditjen Perbenihan, dan institusi penangkaran benih diharapkan dapat memecahkan masalah benih bermutu di tingkat petani. Tersebarinya penangkar benih di sentra pertanaman jagung memudahkan bagi petani untuk memperoleh benih bermutu. Hal ini diharapkan dapat mendorong kesadaran petani menggunakan benih bermutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, Sudjak Saenong, Rahmawati, dan S. Saenong. 2005. Studi kelembagaan perbenihan berbasis komunal di propinsi Gorontalo. Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Sereal. p.19.
- Damardjati, D.S., Subandi, K. Karyasa, Zubachtirodin, dan S. Saenong. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. p.51.
- Deptan. 2006. Studi produksi, distribusi dan penggunaan benih tanaman pangan. Kerjasama antara PT. Prima Kelola Agribisnis Agroindustri dengan Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan. Departemen Pertanian.
- Direktorat Budidaya Sereal. 2006. Program pengembangan jagung tahun 2007 dan evaluasi percepatan pengembangan jagung melalui bantuan benih tahun 2006. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Bahan Pertemuan di Banten, 28 Desember 2006.
- Direktorat Perbenihan Tanaman Pangan, 2006. Penyebaran luas tanam jagung selama MT.2000 sampai 2005/2006. Ditjen Tanaman Pangan, Jakarta.
- Ditjen Tanaman Pangan, 2007. Program pencapaian swasembada jagung tahun 2007. Bahan Persentase di DKP.
- Nugraha, U.S., Subandi, A. Hasanuddin, dan Subandi. 2003. Perkembangan teknologi budi daya dan industri benih jagung. *Dalam: Kasryno, F., E. Pasandaran, dan A.M.Fagi (Eds.). Buku Ekonomi Jagung Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Deptan, Jakarta. p. 37-72.
- Saenong, S. Bahtiar, Margaretha, Y.Tandiabang, R. Arif, Rahmawati, A.Tenrirawe, M.Sudjak, Syafruddin, A.Najamuddin, Y.Sinuseng, F. Koes, dan Suwardi. 2005. Pembentukan dan pemantapan produksi benih bermutu mendukung industri benih berbasis komunal. Laporan Akhir Tahun. Balai Penelitian Tanaman Sereal.

Saenong, S., Bahtiar, Rahmawati, F. Koesnang, Margaretha, Sujak Saenong, dan Suwardi. 2007. Pangsa penggunaan varietas unggul tingkat nasional. Bahan Pembahasan RPTP Pemantapan Sistem Perbenihan Berbasis Komunal. Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Unit Komersialisasi Teknologi Balitsereal. 2007. Laporan Distribusi Benih Sumber ke Berbagai Propinsi. Balai Penelitian Tanaman Serealia.



Budi Daya Jagung dan Diseminasi Teknologi

M. Akil dan Hadijah A. Dahlan
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung menempati posisi penting dalam perekonomian nasional karena merupakan sumber karbohidrat dan bahan baku industri pakan dan pangan. Di samping bijinya, biomas hijauan jagung diperlukan dalam pengembangan ternak sapi. Kebutuhan jagung dalam negeri untuk pakan sudah mencapai 4,9 juta ton pada tahun 2005 dan diprediksi menjadi 6,6 juta ton pada tahun 2010 (Ditjen Tanaman Pangan 2006). Peluang ekspor semakin terbuka mengingat negara penghasil jagung seperti Amerika, Argentina, dan Cina mulai membatasi volume ekspornya karena kebutuhan jagung mereka meningkat.

Penelitian oleh berbagai institusi pemerintah maupun swasta telah menghasilkan teknologi budi daya jagung dengan produktivitas 4,5-10,0 t/ha, bergantung pada potensi lahan dan teknologi produksi yang diterapkan (Subandi *et al.* 2006). Produktivitas jagung nasional baru mencapai 3,4 t/ha (Hafsah 2004, Departemen Pertanian 2004). Salah satu faktor yang menyebabkan besarnya senjang hasil jagung antara di tingkat penelitian dengan di tingkat petani adalah lambannya proses diseminasi dan adopsi teknologi. Berbagai masalah dan tantangan perlu diatasi dalam diseminasi teknologi. Teknologi yang didiseminasikan kepada petani pun harus memenuhi sejumlah persyaratan. Selain itu, kebijakan pemerintah dalam hal diseminasi teknologi diperlukan untuk mendukung pengembangan agribisnis jagung.

TEKNOLOGI BUDI DAYA

Waktu Tanam dan Pola Tanam

Salah satu masalah yang dihadapi dalam upaya peningkatan produktivitas jagung adalah penanaman yang sering tertunda. Pada lahan kering beriklim kering seperti di Nusa Tenggara Timur dengan curah hujan terbatas dan eratik, penanaman jagung harus tepat waktu agar tanaman tidak mengalami kekeringan. Pada lahan sawah tadah hujan pada musim kemarau, jagung sebaiknya ditanam segera setelah panen padi pada saat kondisi tanah masih lembab, dan sumur sebaiknya dibuat untuk menjamin ketersediaan air bagi

tanaman. Pada lahan sawah irigasi dengan air terbatas, pola tanam padi - jagung - jagung dapat disarankan (Bahtiar *et al.* 2005).

Penyiapan Lahan

Di daerah dengan curah hujan terbatas, penanaman jagung tidak dapat ditunda. Penundaan waktu tanam menyebabkan tanaman mengalami kekeringan atau bahkan gagal panen. Masalah yang dihadapi dalam penyiapan lahan adalah tanah yang keras pada saat kering, atau lengket pada saat basah. Dalam kondisi demikian, teknik tanpa olah tanah (TOT) dapat diterapkan.

Cara penyiapan lahan sangat bergantung pada fisik tanah seperti tekstur tanah. Tanah bertekstur berat perlu pengolahan yang intensif. Sebaliknya, tanah bertekstur ringan sampai sedang dapat disiapkan dengan teknik olah tanah konservasi seperti olah tanah minimum (OTM) atau TOT. Keuntungan penyiapan lahan dengan teknik olah tanah konservasi adalah dapat memajukan waktu tanam, menghemat tenaga kerja, mengurangi pemakaian bahan bakar untuk mengolah tanah dengan traktor, mengurangi erosi, dan meningkatkan kandungan air tanah (FAO 2000). Budi daya jagung dengan teknik penyiapan lahan konservasi dapat berhasil baik pada tanah bertekstur ringan sampai sedang dan ditunjang oleh drainase yang baik (Lopez-Belido *et al.* 1996). Pada tanah bertekstur ringan, sedang, dan berat, penyiapan lahan dengan sistem TOT dan gulma disemprot dengan herbisida berbahan aktif glifosat sebanyak 3 l/ha, hasil jagung tidak berbeda antartekstur tanah. Di beberapa tempat, hasil jagung dengan teknologi TOT lebih baik dibanding teknik olah tanah sempurna (OTS) maupun OTM.

Dalam budi daya jagung pada lahan sawah tadah hujan di Takalar, Sulawesi Selatan, teknik TOT memberikan keuntungan lebih tinggi dibanding teknik OTS. Keunggulan teknik TOT di sini adalah mengurangi biaya untuk pengolahan tanah dan pengairan. Hasil yang lebih tinggi dari teknik TOT diperoleh pada kondisi lingkungan tumbuh tanaman yang lebih baik, terutama dari aspek kecukupan lengas tanah. Penanaman jagung dengan teknik TOT lebih awal satu bulan dibanding OTS, sehingga sisa air setelah padi dapat dimanfaatkan oleh tanaman jagung. Mundurnya waktu penanaman pada teknik OTS karena menunggu turunnya lengas tanah untuk dapat diolah (Wahid *et al.* 2002).

Varietas

Di antara komponen teknologi produksi, varietas unggul mempunyai peran penting dalam peningkatan produksi jagung. Perannya menonjol dalam

potensi hasil per satuan luas, komponen pengendalian hama/penyakit (toleran), kesesuaian terhadap lingkungan, dan preferensi konsumen.

Kini telah banyak benih varietas unggul jagung yang dipasarkan. Dari segi jenisnya, dikenal dua jenis jagung yakni hibrida dan komposit (bersari bebas). Dibanding jenis komposit, jagung hibrida umumnya mempunyai kelebihan dalam hal potensi hasil yang lebih tinggi dan pertumbuhan tanaman lebih seragam. Meskipun potensi hasilnya lebih rendah dibanding hibrida, jagung komposit unggul yang dilepas oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) berdaya hasil cukup tinggi, mencapai 7,6-8,4 t/ha. Kelebihan dari jagung komposit adalah produksi benihnya dapat dilakukan dengan mudah oleh petani/kelompok tani. Dari beberapa varietas jagung komposit yang dihasilkan Balitsereal, yang populer dewasa ini adalah Lamuru dan Sukmaraga. Varietas Lamuru relatif toleran kekeringan. Varietas Sukmaraga direkomendasikan pengembangannya pada tanah masam, termasuk lahan pasang surut. Varietas dengan mutu protein triptofan dan lisin yang tinggi adalah Srikandi Kuning-1 dan Srikandi Putih-1. Keduanya lebih sesuai dikembangkan pada daerah rawan gizi dan dapat pula digunakan untuk pakan ternak bukan pemamah biak (*monogastric*) seperti ayam dan babi.

Untuk lebih produktif dan berorientasi agribisnis, pengembangan jagung perlu dipadukan dengan upaya produksi biomas untuk pakan. Hal ini semakin penting artinya bagi wilayah-wilayah marginal, seperti agroekosistem lahan kering beriklim kering dan lahan sawah tadah hujan. Ada empat varietas yang dapat menghasilkan biomas segar yang tinggi, pada umur 75 hari setelah tanam (HST), yaitu Bima-1, Semar-10, Lamuru, dan Bisma (Akil 2006).

Populasi dan Cara Tanam

Salah satu upaya untuk mendapatkan hasil optimum adalah mengatur populasi tanaman. Secara umum, kepadatan tanam anjuran adalah 66.667 tanaman/ha. Ini dapat dicapai dengan jarak tanam antarbaris 75 cm, dan 20 cm dalam barisan dengan satu tanaman per rumpun, atau jarak antarbaris 40 cm dengan dua tanaman per rumpun. Bagi daerah yang kekurangan tenaga kerja, jarak tanam dalam barisan 40 cm dengan dua tanaman per lubang lebih memungkinkan. Apabila penanaman jagung bertujuan untuk produksi biji dan sekaligus untuk biomas hijauan, kepadatan yang dianjurkan adalah 200.000-300.000 tanaman/ha dengan penanaman 3-4 benih per rumpun. Pemanenan secara berkala dilakukan selama 30-45 HST untuk produksi hijauan sambil menjarangkan tanaman hingga kepadatan 66.667 tanaman/ha untuk produksi biji. Hal ini dianjurkan pada musim kemarau,

pada saat rumput kurang tersedia bagi ternak dan petani mempunyai ternak. Cara ini mendukung sistem integrasi jagung-ternak (sapi, kerbau, dan kuda).

Di Indonesia, penanaman jagung dilakukan secara manual dengan memasukkan benih ke dalam lubang tugal maupun alur tanam yang disiapkan dengan bajak ditarik ternak. Cara tanam ini membutuhkan tenaga kerja 10-16 HOK/ha. Balitsereal telah merancang alat tanam ATB1-2R-Balitsereal yang dapat dioperasikan pada lahan kering maupun sawah setelah panen padi. Alat tanam ini dapat mengolah tanah secara sempurna maupun secara minimum. Kapasitas kerja alat berkisar antara 8-10 jam/ha, bergantung pada kondisi lahan dan keterampilan operator. Dalam pengoperasiannya, alat ini digandengkan pada traktor tangan. Agar alat dapat bekerja dengan baik, tanah harus bersih dari sisa-sisa tanaman (brangkasan, tunggul, dan akar semak belukar) dan tidak berbatu.

Pemupukan

Pemupukan secara berimbang dan rasional merupakan kunci utama keberhasilan peningkatan produktivitas jagung. Kadar unsur hara di dalam tanah, jenis pupuk/hara yang sesuai, dan kondisi lingkungan fisik, khususnya pedo-agroklimat, merupakan faktor penting perlu diperhatikan dalam mencapai produktivitas optimal tanaman. Analisis kimia tanah merupakan informasi yang dapat membantu dalam mengevaluasi kondisi tanah bagi pertumbuhan tanaman.

Dalam praktek pemupukan, yang perlu diperhatikan adalah jenis pupuk dan takaran optimum pada jenis tanah dan lingkungan tertentu. Untuk itu, penelitian laboratorium, rumah kaca, dan lapangan sangat diperlukan. Analisis kimia tanah merupakan teknik diagnostik untuk mengelola dan memecahkan masalah keharaan. Analisis kimia tanah harus dilengkapi dengan informasi tentang tanah, tanaman, dan analisis tanaman. Contoh tanah untuk dianalisis harus cukup mewakili areal tertentu, khususnya jenis tanah dengan penyebaran cukup luas. Hasil analisis tanah perlu dilanjutkan ke penelitian pot di rumah kaca, dan dikalibrasi di lapang untuk menentukan takaran optimum pupuk pada jenis tanah tertentu. Rangkaian penelitian ini merupakan cara terbaik untuk menghemat biaya, tenaga, dan waktu yang diperlukan dibanding jika penelitian langsung dilakukan di lapang. Teknik ekstrapolasi, di mana hasil penelitian pada suatu jenis tanah dengan kondisi lingkungan fisik dan biologi tertentu, dapat diterapkan pada jenis tanah dengan kondisi lingkungan dan pengelolaan yang sama di tempat lain (Akil *et al.* 2002).

Lahan pertanian umumnya tidak mengandung cukup N, kecuali pada lahan yang baru dibuka dari vegetasi hutan. Pada tanah Latosol, Vulkanis,

Mediteran, dan Podsolik, pemberian pupuk urea dengan takaran 200-400 kg/ha memberikan efisiensi pemupukan (setiap kg hasil jagung yang diperoleh dari setiap kg pupuk urea yang diberikan) 6,0-7,5. Hasil penelitian di Maros dengan menggunakan tiga varietas hibrida dan dua varietas komposit menunjukkan bahwa takaran pupuk urea yang optimal untuk varietas hibrida adalah 420 kg/ha sedangkan untuk varietas komposit 350 kg/ha.

Berbeda dengan N, pemberian pupuk P perlu dicermati karena tidak semua tanah memerlukan tambahan pupuk P. Pada lahan kering jenis tanah Vulkanis di Malang, tanaman jagung kurang tanggap terhadap pemberian P. Pada tanah berkapur, pemberian TSP dengan takaran 100-200 kg/ha masih menunjukkan efisiensi pemupukan yang memadai. Pengaruh pemupukan P sangat nyata pada tanah Podsolik yang ditunjukkan oleh tingginya efisiensi pemupukan yaitu 9,5-14,6 kg biji/kg pupuk hingga takaran 300 kg TSP/ha. Pada tanah Podsolik, ketersediaan P merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman, sebab selain kandungannya sangat rendah, tanah ini juga sangat kuat mengikat P, sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Nilai kritis P dalam tanah adalah 9,0 ppm. Apabila kandungan P tanah kurang dari 9,0 ppm, pemberian pupuk P mutlak diperlukan (Akil *et al.* 2002).

Seperti halnya pupuk P, pemberian pupuk K juga harus dicermati, karena pemupukan K pada umumnya kurang memberikan tanggapan, kecuali pada tanah Grumusol dengan K-dd (K dapat ditukar) 0,24 me/100 g, tanah Aluvial dengan K-dd 0,27 me/100 g, dan tanah Podsolik dengan K-dd kurang dari 0,30 me/100 g. Pada tanah-tanah tanggapan tersebut, pemberian 50-100 kg KCl/ha memperlihatkan efisiensi yang tinggi, terutama pada tanah Grumusol (37,2) dan Podsolik (16,0).

Untuk efisiensi pemupukan, jenis dan takaran pupuk yang diberikan hendaknya didasarkan pada hasil analisis/uji tanah. Namun pendekatan itu dihadapkan kepada: (a) keterbatasan areal yang tanahnya telah dianalisis, (b) perubahan status hara tanah sejalan dengan lama pemanfaatan dan pengelolaan hara, dan (c) sulitnya petani membiayai analisis tanahnya sendiri. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan lain, misalnya dengan petak omisi yang dapat dikerjakan sendiri oleh petani/kelompok tani.

Kandungan bahan organik pada lahan yang diusahakan secara intensif umumnya rendah, sehingga pemberian pupuk organik memegang peranan penting untuk meningkatkan produktivitas lahan. Pengaruh positif pemberian pupuk kandang dan pupuk hijau dalam takaran tinggi (5-20 t/ha) telah dilaporkan oleh sejumlah peneliti. Pada tanah Aluvial, pemberian kotoran sapi atau pupuk hijau dari daun gamal dengan takaran 5-20 t/ha dapat menggantikan 100-200 kg pupuk urea/ha (Akil *et al.* 2003). Pemberian

pupuk kandang sebanyak 5 t/ha atau lebih adalah suatu hal yang tidak mudah dilakukan petani karena terkait dengan ketersediaan, harga, maupun pengangkutannya. Sebab itu, pemberian pupuk kandang, atau abu jerami padi sebagai penutup biji jagung pada lubang tanam sebanyak 1-3 t/ha dinilai optimal (Akil *et al.* 2004).

Waktu dan Cara Pemberian Pupuk

Di beberapa tempat di Jawa Timur dan Sulawesi Selatan masih banyak petani yang memupuk dengan cara menyebar di atas permukaan tanah, sehingga sebagian besar pupuk yang diberikan menguap dan tidak dapat diserap tanaman. Di Kediri, petani memupuk tanaman jagung dengan takaran sampai 750 kg urea/ha yang diberikan lima kali. Pemberian pupuk urea sebaiknya tiga kali pada 7, 25, dan 40 hari setelah tanam (HST) atau dua kali pada 7 dan 35 HST, ditugal 7-10 cm di samping tanaman dan ditutup dengan tanah. Pupuk P dan K diberikan pada 7 HST. Pupuk organik diberikan pada saat tanam sebagai penutup benih atau lubang tanam.

Pengairan

Budi daya jagung tidak hanya di lahan kering pada musim hujan, tetapi juga pada lahan sawah tadah hujan dan lahan sawah pada irigasi musim kemarau, terutama pada areal yang ketersediaan air irigasinya kurang memadai untuk budi daya padi. Pengairan tanaman jagung pada musim kemarau bersumber dari air tanah yang dipompa maupun air permukaan dari jaringan irigasi. Agar distribusi air lebih efektif ke tanaman, petani umumnya membuat saluran air di antara barisan tanaman dengan menggunakan cangkul atau bajak ditarik ternak. Pembuatan saluran dengan cangkul memerlukan waktu 176 jam/ha, sedangkan dengan bajak ditarik ternak 24 jam/ha, dengan tingkat efisiensi irigasi hanya 46,2%.

Balitsereal telah merancang prototipe alat pembuat alur irigasi yang sangat efisien, yaitu PAI-R-Balisereal dan PAI-2R Balisereal (Firmansyah *et al.* 2002). Pemberian air pada musim kemarau dilakukan dengan cara memompa air dari air tanah dengan kedalaman sumur 3,8-9,0 m. Jenis pompa yang umum digunakan adalah pompa sentrifugal dengan diameter 2,0 inci (4,0 HP) dan diameter 3,0 inci (5,0 HP).

Lahan sawah yang air irigasinya terbatas atau lahan sawah tadah hujan yang dilengkapi sumur dangkal sebaiknya ditanami jagung pada musim kemarau atau setelah panen padi. Pengairan untuk tanaman jagung pada musim kemarau perlu memperhitungkan efisiensi penggunaan air dan tenaga kerja/biaya. Selama pertumbuhannya, tanaman jagung memerlukan

pengairan yang cukup. Lahan irigasi dengan sumber air terbatas dan lahan sawah tadah hujan pada musim kemarau memerlukan pengairan hingga mencapai kapasitas lapang sebanyak empat kali, yaitu pada umur 15, 30, 45, dan 60 HST (Akil *et al.* 2005).

Pengendalian Gulma

Tanpa pengendalian gulma, pertumbuhan tanaman jagung tertekan sehingga hasilnya rendah. Oleh sebab itu, pengendalian gulma mutlak diperlukan, apalagi pada budi daya tanpa olah tanah. Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan cara manual seperti penyiangan menggunakan cangkul atau bajak, atau secara mekanis menggunakan alat, mesin, dan secara kimiawi menggunakan herbisida. Dari segi teknis, penyiangan dengan herbisida tidak berbeda dengan penyiangan secara mekanis. Takaran dan jenis herbisida yang digunakan bergantung pada jenis gulma, kepadatan gulma, dan anjuran penggunaan masing-masing herbisida. Penyemprotan herbisida untuk pengendalian gulma sebaiknya dilakukan dua kali, masing-masing pada saat tanaman berumur 21 dan 42 HST.

Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan penyakit penting tanaman jagung adalah lalat bibit, penggerek batang, dan bulai. Lalat bibit dapat dikendalikan dengan aplikasi insektisida karbofuran 0,15-0,30 kg ba/ha yang diberikan pada lubang pada saat tanam. Aplikasi karbofuran dengan takaran 0,5-10 kg ba/ha saat tanaman berumur 7 HST, dapat mengendalikan penggerek batang (Subandi *et al.* 1998). Pencegahan penyakit bulai dapat dilakukan dengan menanam varietas tahan secara serempak pada hamparan luas, eradikasi tanaman sakit, dan perlakuan benih dengan fungisida berbahan aktif metalaxyl dengan takaran 2,5 g/kg benih dicampur dengan 10 ml air yang disuspensikan dan dicampur dengan benih secara merata pada saat tanam.

Panen

Panen dilakukan pada saat biji telah masak fisiologis yang ditandai oleh adanya *black layer* pada biji. Panen merupakan tahap awal yang penting dari seluruh rangkaian penanganan pascapanen jagung, karena berpengaruh terhadap jumlah dan mutu hasil. Panen terlalu awal menyebabkan jumlah butir muda banyak, sehingga mutu biji dan daya simpannya rendah. Sebaliknya, terlambat panen mengakibatkan penurunan mutu dan peningkatan kehilangan hasil. Secara umum, saat panen yang tepat ditentukan oleh tingkat kemasakan biji, namun yang utama adalah berdasarkan

penampilan visual, yaitu menuanya klobot atau bagian-bagian tanaman secara keseluruhan, mulai dari daun yang telah berwarna kecoklatan.

Tanda-tanda jagung siap panen: (a) umur tanaman mencapai maksimum, yakni setelah pengisian biji optimal; (b) daun menguning dan sebagian besar mulai mengering; (c) klobot sudah kering atau kuning; (d) bila klobot dibuka, biji terlihat mengkilap dan keras, bila ditekan dengan kuku tidak membekas pada biji; dan (e) kadar air biji 25-35%.

DISEMINASI DAN ADOPSI TEKNOLOGI

Kegiatan diseminasi hasil penelitian pada lahan petani ditujukan untuk mengetahui adaptasi teknologi di tingkat pengguna. Teknologi budi daya jagung yang diperkenalkan menyangkut penyiapan lahan, penggunaan varietas unggul komposit maupun hibrida, pemupukan, pengairan, dan penggunaan peralatan pertanian dalam upaya peningkatan pendapatan petani. Dengan cara ini, petani melihat sendiri keunggulan dari teknologi yang dipromosikan.

Kenyataan menunjukkan hanya sebagian dari teknologi yang dihasilkan dikenal petani. Hal ini disebabkan oleh berbagai hal, antara lain kurangnya promosi. Promosi merupakan bagian penting dari kegiatan penelitian. agar teknologi dapat diadopsi oleh penggunanya, perlu strategi promosi yang tepat.

Balai Penelitian Tanaman Serealia bertugas menghasilkan teknologi jagung. Diseminasi teknologi ditujukan untuk mempercepat proses adopsinya oleh pengguna.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh teknologi pertanian, termasuk jagung, untuk dapat diadopsi oleh pengguna mencakup aspek teknis, sosial-budaya, ekonomi, lingkungan, ergonomik, legal, moral, keselamatan, dan keserasiannya dengan teknologi asli petani (Budianto 1999).

Aspek Teknis

Teknologi budi daya jagung yang ditawarkan, secara teknis, harus dapat memecahkan masalah yang dihadapi petani, dapat meningkatkan efisiensi usahatani, produktivitas, dan mutu hasil panen. Teknologi juga harus memungkinkan untuk dapat diterapkan pada skala usaha dengan sumber daya yang tersedia pada petani, serasi (*compatible*) dengan pola tanam, sistem usahatani yang ada, dan lebih efisien dibandingkan dengan teknologi yang telah ada.

Aspek Sosial-Budaya

Sosial-budaya masyarakat bersifat khas untuk masing-masing kelompok masyarakat, pedesaan, wilayah, atau suku. Sosial-budaya masyarakat dimanifestasikan dalam tata cara kerja usahatani. Penggunaan mesin penanam belum sepenuhnya dapat diterima petani, karena kebiasaan tanam secara gotong royong. Penggunaan mesin penanam memerlukan benih bermutu dengan ukuran benih yang seragam. Hal ini perlu diperhatikan dalam penyediaan teknologi untuk dapat diadopsi oleh pengguna.

Aspek Ekonomi

Untuk dapat diadopsi petani, teknologi baru harus pula memberikan keuntungan ekonomi dan nilai tambah. Teknologi yang dapat meningkatkan mutu produk, keunggulan komparatif dan kompetitif secara tidak langsung juga memberi keuntungan ekonomi bagi penggunanya. Teknologi yang dihasilkan dan dikembangkan hendaknya tidak hanya dapat memberikan keuntungan kepada segelintir pelaku usaha, tetapi juga kepada petani pada umumnya.

Aspek Lingkungan

Teknologi baru yang ditawarkan harus aman terhadap lingkungan, ditinjau dari kelestarian ekosistem, kesehatan lingkungan, keragaman hayati, kesehatan konsumen, dan keberlanjutan sistem produksi. Usahatani ramah lingkungan, pengelolaan tanaman secara terpadu, dan pengendalian hama secara terpadu pada dasarnya mengintegrasikan komponen teknologi yang aman terhadap lingkungan. Oleh karena itu, komponen teknologi yang ditawarkan perlu dikaji dampaknya terhadap lingkungan sebelum dikembangkan.

Aspek Ergonomik

Aspek ergonomik atau kenyamanan kerja bagi pengguna teknologi yang ditawarkan juga merupakan bagian penting yang perlu mendapat perhatian dalam diseminasi teknologi. Teknologi tidak dapat diterima pengguna kalau tidak memiliki sifat kenyamanan, misalnya terlalu berat dan melelahkan. Sifat ergonomik berkaitan erat dengan alat-mesin pertanian. Teknologi maju di bidang pertanian telah membuat kenyamanan atau keringanan kerja, seperti traktor pengolahan tanah.

Aspek Moral

Teknologi baru hendaknya memiliki aspek keagamaan, moral, dan kepercayaan yang dianut oleh masyarakat. Sebagai contoh, pupuk organik yang berasal dari kotoran atau isi rumen ternak babi tidak diperuntukkan bagi petani beragama Islam. Pertimbangan aspek moral/keagamaan bersifat spesifik bagi masing-masing calon pengguna teknologi, sehingga perlu melibatkan narasumber yang ahli dibidangnya.

Aspek Legal

Aspek legal berkaitan dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Hak paten, HaKI (Hak atas Kekayaan Intelektual), hak pengusahaan teknologi perlu dihormati. Pemalsuan, pengambilan tanpa ijin, dan lain-lain yang melanggar ketentuan perlu dihindari. Perdagangan bahan tanaman yang belum dilepas secara resmi tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku, sehingga perlu dihindari. Penggunaan alat mesin pertanian harus pula mengikuti standar yang telah ditetapkan. Perdagangan benih yang tidak mempunyai sertifikat dapat dikategorikan tidak memenuhi aspek legal.

Aspek Keselamatan

Keselamatan teknologi mencakup keselamatan pada saat implementasinya. Teknologi baru harus memenuhi peraturan keselamatan bagi pengguna atau konsumen. Untuk bahan yang bersifat toksik seperti insektisida, fungisida, dan herbisida diperlukan pengaturan yang ketat agar penggunaannya tidak menimbulkan kerusakan bagi lingkungan. Produk pertanian harus aman dari bahaya zat-zat beracun yang berasal dari produk itu sendiri, seperti asam sianida, kontaminasi atau residu zat yang beracun, atau hasil metabolisme bakteri atau cendawan yang mengkontaminasi produk, misalnya aflatoksin. Teknologi juga harus menghasilkan produk pertanian yang utuh, tidak rusak, bebas dari sumber penyakit, dan tidak terkontaminasi oleh mikroba penyebab penyakit.

Keserasian dengan Teknologi Asli Pedesaan

Teknologi asli pedesaan dikembangkan petani secara empirik berdasarkan pengalaman yang panjang, disesuaikan dengan karakteristik agroekologi dan sosial-budaya setempat. Oleh karena itu, teknologi baru yang akan dikembangkan seyogianya serasi (*compatible*) dengan teknologi asli petani. Penyerasian kedua teknologi akan menjaga keharmonisan suasana kerja di pedesaan yang telah terbangun secara turun-temurun. Teknologi asli pedesaan tentu dapat digantikan oleh teknologi baru melalui proses

diseminasi yang melibatkan pengguna dengan penjelasan keuntungan dan kerugian dari berbagai aspek.

DUKUNGAN KEBIJAKAN

Salah satu hambatan utama dalam menghasilkan produk jagung yang berdaya saing tinggi adalah lemahnya “bangunan” kelembagaan (kemitraan) agribisnis, terutama di pedesaan (Sudaryanto dan Paranadji 1999). Dalam rangka membangun kemitraan, maka pemerintah berperan penting dalam beberapa aspek, yaitu (a) pengembangan kelembagaan ekonomi koperasi, terutama KUD, untuk menjadi bagian dari jaringan agribisnis; (b) pengonsolidasian lahan untuk dapat dimiliki dan dikelola oleh petani; (c) pembuatan perangkat hukum yang mendukung pengembangan kemitraan usaha, terutama untuk melindungi hak individu petani dari eksploitasi pemodal dan perusakan sumber daya alam yang menjadi basis usaha di sektor pertanian; (d) penciptaan iklim yang kondusif, bagi pengembangan sarana dan prasarana, pengkajian dan penerapan teknologi, kemudahan pelayanan perkreditan, dan pengembangan sistem informasi pasar untuk produk pertanian; dan (e) pengembangan pilot proyek, yang pada tahap awal melibatkan BUMN dan koperasi sebagai mitra usaha petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Akil, M. 2006. Produksi biomas dan biji jagung pada lahan kering di Naibonat melalui cara pemberian dan takaran pupuk organik. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung, 29-30 September 2005 di Makassar. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 157-165
- Akil, M., E.O. Momuat, A.F. Fadhly, dan Subandi. 2002. Status kesuburan tanah dan pemupukan pada budi daya jagung. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros. 23 p.
- Akil, M., M. Rauf, A.F. Fadhly, I.U. Firmansyah, Syafruddin, Faesal, A. Dahlan, R. Efendi, A. Najamuddin, R.Y. Arvan, A. Kamaruddin, dan E.Y. Hosang. 2003. Teknologi budi daya jagung untuk pangan dan pakan yang efisien dan berkelanjutan pada lahan marjinal. Laporan Akhir. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. 68 p.
- Akil, M. M. Rauf, I.U. Firmansyah, A.F. Fadhly, Syafruddin, Faesal, A. Kamaruddin, dan R. Efendi. 2004. Teknologi Budidaya Jagung untuk Pangan dan Pakan yang Efisien dan Berkelanjutan pada Lahan Marjinal. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. 61 p.

- Akil, M., M. Rauf, I.U. Firmansyah, A.F. Fadhly, Syafruddin, Faesal, R. Efendi, dan A. Kamaruddin 2005. Pengelolaan hara, air, dan tanaman jagung mendukung teknologi pengelolaan tanaman terpadu (PTT) jagung. Laporan Akhir. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. 39 p.
- Bahtiar, A.F. Fadhly, M. Rauf, A. Njamuddin, Margaretha, N. Syam, A. Tenrirawe, Syuryawati, A. Biba, H. A. Dahlan, S. Panikkai, B. Hafid, A.M. Mappeare, dan M. Tahir. 2005. Studi karakterisasi sistem produksi serta persepsi dan sikap pengguna teknologi serealia. Laporan Akhir. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Budianto, J. 1999. Akseptabilitas teknologi pertanian bagi konsumen. *Dalam: Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV, Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan*. Bogor 22-24 November 1999. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Departemen Pertanian. 2004. Statistik Pertanian (*Agriculture Statistics*). Departemen Pertanian Republik Indonesia. 280 p.
- Ditjen Tanaman Pangan. 2006. Program peningkatan produksi jagung nasional. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional dan Ekspose Inovasi Teknologi. Makassar-Pangkep, 15-16 September 2006.
- FAO. 2000. Conservation Agriculture. WWW. FAO. Org.
- Firmansyah, I.U., B. Abdin, Suarni, Y. Sinuseng, R. Arif, dan M. Aqil. 2002. Perbaikan kinerja alsin pertanian irigasi dan pascapanen mendukung usahatani jagung dan sorgum. Teknologi pascapanen primer jagung dan sorgum untuk pangan, pakan, benih yang bermutu dan kompetitif. Laporan Akhir. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. 92 p.
- Hafsah, M.J. 2004. Peningkatan produksi dan mutu jagung. Makalah disampaikan pada Seminar Sehari Mekanisasi Pertanian: Peran Strategis Mekanisasi Pertanian dalam Pengembangan Agroindustri Jagung. Jakarta, 20 Desember 2004. 6 p.
- Lopez-Belido., L., M. Fuentes, J.E. Castillo, F.J. Lopez-Garrido, and E.J. Fernandez. 1996. Longterm tillage, corporation, and nitrogen fertilizer effect on wheat yield under rainfed Mediterranean condition. *Agronomy Journal* 88:783-791
- Subandi, I.G. Ismail, dan Hermanto. 1998. Jagung. Teknologi Produksi dan Pascapanen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 57 p.

- Subandi, Zubachtirodin, S. Saenong, dan I.U. Firmansyah. 2006. Ketersediaan teknologi produksi dan program penelitian jagung. *Dalam: Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung 29-30 September 2005 di Makassar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 11-40.
- Sudaryanto, T. dan T. Pranadji. 1999. Peran kewirausahaan dan kelembagaan (kemitraan) dalam peningkatan daya saing produk tanaman pangan. *Dalam: Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV, Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan*. Bogor 22-24 November 1999. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 104-114.
- Wahid, A.S. Muslimin, Zainuddin, S. Saenong, dan D. Baco. 2002. Kajian efisiensi dan diversifikasi kelembagaan *cooperate farming* pada lahan sawah tadah hujan. BPTP Sulawesi Selatan. Makassar. 12 p.

Pengelolaan Hara pada Tanaman Jagung

Syafruddin, Faesal, dan M. Akil
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Upaya peningkatan produksi jagung, baik melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi, selalu diiringi oleh penggunaan pupuk, terutama pupuk anorganik, untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman. Pada prinsipnya, pemupukan dilakukan secara berimbang, sesuai kebutuhan tanaman dengan mempertimbangkan kemampuan tanah menyediakan hara secara alami, keberlanjutan sistem produksi, dan keuntungan yang memadai bagi petani.

Pemupukan berimbang adalah pengelolaan hara spesifik lokasi, bergantung pada lingkungan setempat, terutama tanah. Konsep pengelolaan hara spesifik lokasi mempertimbangkan kemampuan tanah menyediakan hara secara alami dan pemulihan hara yang sebelumnya dimanfaatkan untuk padi sawah irigasi (Dobermann and Fairhurst 2000, Witt and Dobermann 2002). Konsep serupa juga digunakan untuk rekomendasi pemupukan yang baru pada tanaman jagung di Nebraska (Amerika Serikat), dengan penekanan khusus pada pemahaman potensi hasil dan senjang hasil sebagai dasar perbaikan rekomendasi pengelolaan hara yang bersifat spesifik lokasi (Dobermann *et al.* 2003). Pengelolaan hara spesifik lokasi berupaya menyediakan hara bagi tanaman secara tepat, baik jumlah, jenis, maupun waktu pemberiannya, dengan mempertimbangkan kebutuhan tanaman, dan kapasitas lahan dalam menyediakan hara bagi tanaman (Makarim *et al.* 2003)

Pengapuran masih cukup relevan dalam upaya ameliorasi lahan kering yang bereaksi masam dengan kandungan Al yang tinggi dan pada lahan pasang surut sulfat masam untuk menetralisasi keracunan Al maupun Fe. Tidak tersedianya kapur pada saat yang tepat dan biaya pengapuran yang mahal sering menjadi kendala dalam upaya peningkatan produktivitas lahan melalui pengapuran.

Penggunaan bahan organik perlu mendapat perhatian yang lebih besar, mengingat banyaknya lahan yang telah mengalami degradasi bahan organik, di samping mahalnya pupuk anorganik (urea, ZA, SP36, dan KCl). Penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa tambahan pupuk organik dapat menguras bahan organik tanah dan menyebabkan degradasi kesuburan hayati tanah.

KEBUTUHAN HARA PADA TANAMAN JAGUNG

Tanaman jagung membutuhkan paling kurang 13 unsur hara yang diserap melalui tanah. Hara N, P, dan K diperlukan dalam jumlah lebih banyak dan sering kekurangan, sehingga disebut hara primer. Hara Ca, Mg, dan S diperlukan dalam jumlah sedang dan disebut hara sekunder. Hara primer dan sekunder lazim disebut hara makro. Hara Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit, disebut hara mikro. Unsur C, H, dan O diperoleh dari air dan udara.

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah untuk dapat diserap tanaman antara lain adalah total pasokan hara, kelembaban tanah dan aerasi, suhu tanah, dan sifat fisik maupun kimia tanah. Keseluruhan faktor ini berlaku umum untuk setiap unsur hara (Olson and Sander 1988). Kandungan hara pada tanaman jagung yang memberi hasil 9,45 t biji/ha dapat dilihat pada Tabel 1.

Pola serapan hara tanaman jagung dalam satu musim mengikuti pola akumulasi bahan kering sebagaimana dijelaskan oleh Olson dan Sander (1988). Sedikit N, P, dan K diserap tanaman pada pertumbuhan fase 2, dan serapan hara sangat cepat terjadi selama fase vegetatif dan pengisian biji. Unsur N dan P terus-menerus diserap tanaman sampai mendekati matang, sedangkan K terutama diperlukan saat *silking*. Sebagian besar N dan P dibawa ke titik tumbuh, batang, daun, dan bunga jantan, lalu dialihkan ke biji. Sebanyak 2/3-3/4 unsur K tertinggal di batang. Dengan demikian, N dan P terangkut dari tanah melalui biji saat panen, tetapi K tidak.

Tabel 1. Kandungan hara tanaman jagung dengan hasil biji 9,45 t/ha.

Unsur hara	Kandungan hara (kg/ha)	
	Biji	Batang
N	129	62
P	31	8
K	39	157
Ca	1,5	39
Mg	11	33
S	12	9
Cl	4,5	76
Fe	0,11	2,02
Mn	0,06	0,28
Cu	0,02	0,09
Zn	0,19	0,19
B	0,05	0,14
Mo	0,006	0,003

Sumber: Barber dan Olsen (1968) dalam Olson dan Sander (1988).

Tabel 2. Batas kritis kekurangan hara dalam daun ke-5, 6, 7, dan saat *silking*.

Hara tanaman	Batas kritis kekurangan hara
N	1,40%
P	0,16%
K	2,00%
S	0,12%
Ca	0,50%
Mg	0,30%
Fe	200 ppm
Zn	15 ppm

Sumber: Fathan *et al.* (1988).

Kadar hara kritis dalam tanaman perlu diketahui sebagai dasar pemberian pupuk. Tanaman akan tanggap terhadap pupuk jika kadar hara berada di bawah titik kritis. Batas kritis kekurangan hara pada daun tanaman jagung saat *silking* berdasarkan penelitian di daerah pengembangan jagung di Jawa disajikan pada Tabel 2.

PEMUPUKAN N, P, K, DAN S

Pupuk yang diberikan pada tanaman jagung di Indonesia umumnya mengandung hara makro N, P, K, dan S, tetapi belum mengandung hara mikro, karena belum ada sentra-sentra pengembangan jagung yang berindikasi kekurangan hara mikro.

Takaran Pupuk N P, K, dan S

Tidak semua pupuk yang diberikan ke dalam tanah dapat diserap oleh tanaman. Nitrogen yang dapat diserap hanya 55-60% (Patrick and Reddy 1976), P sekitar 20% (Hagin and Tucker 1982), K antara 50-70% (Tisdale and Nelson 1975), dan S sekitar 33% (Morris 1987). Tanggapan tanaman terhadap pupuk yang diberikan bergantung pada jenis pupuk dan tingkat kesuburan tanah. Karena itu, takaran pupuk berbeda untuk setiap lokasi. Metode untuk menentukan kebutuhan pupuk didasarkan pada persamaan yang dikembangkan oleh Dobermann dan Cassman (2002):

$$F_x = (\text{kg/ha}) = (H_{\text{target}} - H_{\text{ox}})/\text{RE}_x$$

di mana:

- F_x = Takaran pupuk N, P, K, atau S yang direkomendasikan (kg/ha)
 RE_x = efisiensi *recovery* N, P, atau K (kg pupuk yang dimanfaatkan per kg pupuk yang diaplikasikan)

- Htarget = serapan hara pemupukan lengkap NPKS (kg hara/ha)
berdasarkan prediksi target hasil maksimum
- Hox = Pasokan hara alami, yaitu serapan hara N, P, K atau S jika
tanpa pemberian N, P, K, atau S (kg/ha)

Jika sulit dianalisis kandungan hara N, P, K, atau S, pendekatan lain yang dapat digunakan adalah berdasarkan target hasil dan efisiensi agronomis di suatu lokasi:

$$F_x = (Y_{\text{target}} - Y_{\text{ox}}) / E A_x \dots \pm \text{faktor koreksi}$$

di mana

- Ytarget = hasil biji target yang akan dicapai (80-95% dari hasil maksimum yang pernah dicapai di lokasi tersebut) (kg/ha)
- Yox = hasil biji tanpa pupuk N, P, K atau S (t/ha)
- EAx = efisiensi agronomis N, P, K, atau S (kg hasil biji yang diperoleh per kg pupuk yang diberikan)

Hasil penelitian pengelolaan hara spesifik lokasi pada berbagai jenis tanah di Indonesia telah disimpulkan oleh Witt (2007). Takaran pupuk N berdasarkan efisiensi agronomis dan kenaikan hasil jika diberi N dibanding tanpa pemberian N dapat dilihat pada Tabel 3. Takaran pemberian P dan K berdasarkan target hasil dan kenaikan hasil jika diberi pupuk P, atau K disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 3. Rekomendasi pemupukan N pada tanaman jagung berdasarkan efisiensi agronomik N dan kenaikan hasil jika dipupuk N dibanding tanpa N.

Kenaikan hasil dibanding tanpa N (t/ha)	Efisiensi agronomik		
	Rendah (25 kg/kg)	Sedang (29 kg/kg)	Tinggi (33 kg/kg)
	Takaran N (kg/ha).....		
1			
2	80		
3	120	105	
4	160	140	120
5		175	150
6			180
7			210
8			240

Sumber: Witt (2007).

Tabel 4. Rekomendasi pemupukan P pada tanaman jagung berdasarkan target hasil dan kenaikan hasil jika dipupuk P dibanding tanpa P.

Kenaikan hasil dibanding tanpa P (t/ha)	Target hasil	
	5-8 t/ha	9-12 t/ha
.....Takaran P_2O_5 (kg/ha).....		
0	5-10	10-15
0,5	25-30	30-35
1,0	45-50	50-55
1,5	65-70	70-75
2,0	85-90	90-95
2,5	105-110	110-115

Tabel 5. Rekomendasi pemupukan K pada tanaman jagung berdasarkan target hasil dan kenaikan hasil jika dipupuk K dibanding tanpa K.

Kenaikan hasil dibanding tanpa K (t/ha)	Target hasil		
	4-7 t/ha	7-10 t/ha	10-12 t/ha
.....Takaran K_2O (kg/ha).....			
0	20-30	30-40	40-50
0,5	40-50	50-60	60-70
1,0	60-70	70-80	80-90
1,5	80-90	90-100	100-110
2,0	100-110	110-120	120-130
2,5	120-130	130-140	140-150

Pemupukan N Berdasarkan Klorofilmeter/Soil Plant Analysis Developmentt (SPAD) dan Bagan Warna Daun (BWD)

Gejala kekurangan atau kelebihan N pada tanaman jagung dapat diidentifikasi melalui warna daun. Kekurangan N mengakibatkan klorosis pada daun (berwarna kuning pada daun). Sebaliknya, kelebihan N membuat daun berwarna hijau gelap. Pengukuran klorofil daun menggunakan klorofilmeter dan pengukuran warna daun menggunakan BWD berkorelasi positif dengan kadar N daun (Syafuruddin *et al.* 2007).

Metode klorofilmeter mempunyai akurasi yang sama dengan metode analisis N secara destruktif pada bagian tanaman untuk menentukan kecukupan hara N pada beberapa tanaman, antara lain tanaman padi (Balasubramanian *et al.* 2000, Hussain *et al.* 2000), gandum (Follet *et al.* 1992), kapas (Wood *et al.* 1992), dan jagung (Syafuruddin *et al.* 2006).

Klorofilmeter tidak tepat digunakan pada fase awal tanaman untuk memprediksi takaran pupuk yang dibutuhkan tanaman, tetapi cocok untuk pengukuran dalam fase V6-VT sebagai pupuk susulan (kedua atau ketiga) setelah pemberian pupuk dasar. Hal tersebut disebabkan karena korelasi antara nilai SPAD dengan kadar N dan hasil biji tidak nyata pada pengukuran SPAD sebelum V6 (Syafuruddin *et al.* 2006). Umumnya tanah-tanah di daerah tropis basah kekurangan N untuk pertumbuhan tanaman jagung, sehingga pupuk N perlu diberikan. Agar efisien, pemupukan N pada jagung dilakukan dua atau tiga tahap selama pertumbuhan tanaman, yaitu pada awal tanam dan dalam fase V6-VT. Karena itu pemantauan kecukupan N pada tanaman jagung berdasarkan nilai SPAD untuk pemupukan susulan (aplikasi pupuk kedua atau ketiga) dilakukan pada fase V6-VT. Pemupukan N pada awal tanam (5-7 hari setelah tanam) dengan takaran 50 kg N/ha, membuat tanaman tidak kekurangan N pada awal pertumbuhan.

Untuk mendapatkan hasil jagung yang optimal, nilai SPAD (pengukuran klorofilmeter) tanaman mulai dari V6 sampai VT harus ≥ 53 unit pada varietas hibrida, sedangkan pada varietas komposit adalah $\geq 51,5$. Tanaman jagung diberi pupuk hanya jika nilai SPAD $< 53,5$ unit untuk varietas hibrida dan $< 51,5$ unit untuk varietas komposit. Takaran pupuk N yang diberikan bergantung nilai SPAD pada fase V6-VT dan varietas yang ditanam, hibrida atau bersari bebas (Tabel 6).

Klorofilmeter relatif mahal, sehingga sulit diterapkan petani/keompok tani, tetapi diperlukan penyuluh pertanian, konsultan, atau peneliti untuk menentukan pemupukan N dalam skala luas. Untuk petani, pemantauan

Tabel 6. Perkiraan tambahan pupuk N berdasarkan nilai SPAD (pembacaan klorofilmeter) pada setiap fase tumbuh tanaman jagung varietas hibrida dan bersari bebas.

Fase tumbuh	Nilai SPAD (unit)	Tambahan pupuk (kg N/ha)*	
		Hibrida	Bersari bebas (OPV)
V6	> 53	-	-
	51,5-53	100	-
	50-51,5	100-125	100
	< 50	125-150	100-125
V10-V12	> 53	-	-
	51,5-53	75	-
	50-51,5	75-100	75
	< 50	100-125	75-100
VT	> 53	-	-
	51,5-53	50	-
	50-51,5	50-75	50
	< 50	75-100	50-100

Sumber: Syafuruddin *et al.* (2006).

kecukupan hara N dapat dilakukan dengan menggunakan bagan warna daun (BWD) meskipun hasilnya tidak seakurat klorofilmeter. BWD yang berasal dari IRRI mempunyai skala warna 2-5 (warna kuning-kehijauan sampai hijau tua) dan sudah dikembangkan untuk pemupukan N tanaman padi.

Titik kritis kecukupan hara N berdasarkan nilai BWD bergantung pada varietas dan tanaman. Titik kritis kecukupan hara N varietas hibrida pada fase V6-V10 adalah pada skala 4,55 dan fase V12-VT adalah pada skala 4,65, sedangkan untuk varietas komposit adalah skala 4,45 pada fase V6-V12 dan skala 4,5 pada fase VT. Hasil jagung yang tinggi akan diperoleh jika pengukuran warna daun mempunyai nilai BWD >4,5 sejak umur V6-VT (Syafuruddin *et al.* 2007).

Berbeda dengan penggunaan klorofilmeter, pemupukan N berdasarkan BWD hanya akurat pada fase V10-VT. Karena itu penggunaan BWD dilakukan pada fase V10-VT. Pemupukan N pada tanaman jagung sebaiknya dilakukan tiga kali, yaitu pada umur 7 HST 50 kg N/ha, pada umur 30-35 HST (V6) 75 kg N/ha, kemudian pada umur 45-50 HST (V12-V14) berdasarkan pemantauan BWD. Perkiraan kebutuhan pupuk N (susulan ketiga) berdasarkan BWD pada umur 45-50 HST (V12-V14) dapat dilihat pada Tabel 7.

Kesesuaian takaran pupuk yang diberikan dengan pengukuran hara N menggunakan klorofilmeter atau BWD bergantung pada tingkat akurasi pengukuran. Untuk mendapatkan akurasi yang tinggi, maka metode pengukuran dengan SPAD dan BWD adalah sebagai berikut: 1) pengamatan

Tabel 7. Perkiraan tambahan N berdasarkan skor BWD pada tanaman jagung fase V12-VT.

Skor BWD	Takaran N (kg/ha)	
	Hibrida	Bersari bebas
3,5	99	85
3,6	95	80
3,7	89	74
3,8	84	69
3,9	77	63
4,0	71	56
4,1	64	49
4,2	56	41
4,3	46	28
4,4	34	8
4,5	14	-
4,6	-	-

Sumber: Syafuruddin *et al.* (2007).

dilakukan pada 1/3 bagian dari ujung daun, minimal tiga kali; 2) daun yang diamati adalah daun ketiga dari atas yang telah terbuka sempurna jika tanaman belum mencapai fase VT, atau daun yang terletak di bakal tongkol jika tanaman sudah mencapai fase VT; 3) jumlah sampel minimal 20 tanaman yang ditentukan secara acak (kemudian dirata-ratakan) yang mewakili kelompok wilayah/areal yang dinilai seragam kondisinya; 4) pengukuran dilakukan pada pagi hari tanpa tenggang waktu antara sampel yang diamati; 5) tanaman tidak dalam kondisi cekaman kekeringan; dan 6) tanaman tidak kekurangan hara lain sehingga pemupukan selain N harus optimal.

Sumber Pupuk N, P, K, dan S

Berkaitan dengan sifat tanah, bentuk pupuk menentukan efisiensi dan efektivitas pemupukan. Pada tanah masam dengan kandungan Al tinggi, fiksasi hara (P) akan tinggi, sedangkan pada tanah basa (kapuran) persaingan serapan oleh Ca akan tinggi pula. Karena itu, pupuk yang cocok untuk kedua kondisi tersebut adalah yang dapat melepaskan hara secara perlahan (*slow release*) atau pupuk yang mempunyai kandungan yang dapat menetralisasi kondisi tersebut.

Hara N yang bersumber dari urea tidak berbeda dengan yang bersumber dari ZA untuk tanaman jagung pada tanah dengan pH <6 (Fadhly *et al.* 1993, Gunarto 1986, Subandi *et al.* 1990). Pada tanah kapuran di Sinjai, Sulawesi Selatan, pupuk ZA memberikan kadar N daun, panjang tongkol, dan hasil yang lebih tinggi dibanding urea (Gunarto *et al.* 1986). Hal tersebut disebabkan karena tanah kapuran tanggap terhadap hara S, sehingga ZA lebih efektif dibanding urea.

Pemberian hara P dalam bentuk fosfat alam pada lahan sulfat masam relatif lebih baik dibanding pemberian dalam bentuk TSP (Raihana 1993). Sebaliknya pada tanah kapuran, pemberian P dalam bentuk TSP lebih baik dibanding fosfat alam (Sudaryono 1998).

Pemberian hara P pada tanah Ultisol dalam bentuk SP36 sama baiknya dengan TSP, walaupun kadar P_2O_5 pada SP36 (36%) lebih rendah dibanding TSP (46%). Hal yang sama juga terjadi pada tanah sulfat masam (Noor dan Ningsih 1998).

Pupuk Phosmag plus sebagai sumber P lebih efisien dibanding SP36 dilihat dari kenaikan hasil biji pada setiap pemberian 1 kg P_2O_5 . Pada takaran pupuk SP36 50-200 kg/ha efisiensi pemupukan adalah 62,8-105,5 kg biji/kg P_2O_5 . Untuk pupuk Phosmag plus pada takaran 90-360 kg/ha efisiensi pemupukan adalah 87,6-119 kg biji/kg P_2O_5 (Subandi *et al.* 1999).

Pemupukan K dalam bentuk ZK memberikan hasil yang sama dengan K dalam bentuk KCl pada tanah kapuran. Pemberian S dalam bentuk ZK cenderung lebih baik dibanding S dalam bentuk belerang pada tanah yang sama.

Waktu dan Cara Pemberian Pupuk

Selain takaran dan bentuk pupuk, waktu dan cara pemupukan juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Waktu dan cara pemberian pupuk berkaitan erat dengan laju pertumbuhan tanaman di mana hara dibutuhkan oleh tanaman dan kehilangan pupuk (dapat terjadi melalui proses pencucian, penguapan, dan fiksasi). Hara N banyak menguap dan tercuci, hara K banyak tercuci, sedangkan hara P terfiksasi di dalam tanah.

Untuk mengurangi kehilangan N, pemberian pupuk N harus dilakukan secara bertahap. Hasil penelitian Tirtoutomo *et al.* (1991) menunjukkan bahwa pemberian N 1/3 bagian pada saat tanam dan 2/3 bagian pada 30 HST atau 1/3 bagian pada waktu tanam, 1/3 bagian pada 30 HST, dan 1/3 bagian pada 45 HST relatif lebih baik dari segi hasil maupun efisiensi serapan N, dibanding dengan pemberian seluruhnya pada saat tanam atau 2/3 takaran pada waktu tanam dan 1/3 takaran pada 30 HST (Tabel 8). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Gunarto (1986), di mana pemberian N 1/2 bagian awal tanam dan 1/2 bagian pada saat 30 HST memberikan hasil dan serapan hara yang lebih tinggi dibanding jika pupuk N diberikan seluruhnya pada saat tanam. Pemberian N secara tugal atau larik lebih hemat 55-66% dibanding cara sebar atau siram (urea dilarutkan). Pemberian 45 kg N/ha secara tugal atau larik memberikan hasil yang setara dengan pemberian 90 kg N/ha secara sebar atau disiram (Fadhly *et al.* 1993).

Pupuk P sebaiknya diberikan semuanya pada awal tanam, karena memberikan hasil yang sama dengan pemberian secara bertahap (Sutoro

Tabel 8. Pengaruh pemberian N terhadap hasil biji dan efisiensi serapan N tanaman jagung.

Pemberian N			Efisiensi serapan N (%)
0 HST	30 HST	45 HST	
1	0	0	16,5
2/3	1/3	0	19,5
2/3	2/3	0	26,3
1/3	1/3	1/3	48,3

Sumber: Tirtoutomo *et al.* (1991).

et al. 1988). Pemberian P secara larik lebih efektif dibanding secara tugal. Pemberian 60 kg P_2O_5 /ha secara larik memberikan hasil yang setara dengan 120 kg P_2O_5 secara tugal (Subandi *et al.* 1990).

Pada tanah Ultisol, pupuk K lebih baik diberikan secara bertahap, yaitu 1/2 takaran pada awal tanam dan 1/2 takaran pada 45 HST, dibanding diberikan seluruhnya pada awal tanam. Pada tanah kapuran justru sebaliknya, seluruh pupuk K lebih baik diberikan pada awal tanam (Syafuruddin *et al.* 1997). Pada tanah kapuran, Ca menghambat serapan K. Jika pupuk K terlambat diberikan maka Ca akan dominan diserap lebih awal yang akan menghambat serapan K.

Pemberian Kapur

Pada lahan kering bereaksi masam, khususnya tanah Oxisol dan Ultisol, masalah utama pada pengembangan jagung dan palawija lain adalah kadar Al yang tinggi. Pada tanah sulfat masam, masalah tersebut ditambah lagi dengan kadar Fe yang tinggi yang dapat meracuni tanaman, termasuk jagung. Pemberian kapur dapat menetralisasi kedua unsur tersebut. Selain itu, pengapuran juga dapat meningkatkan pH tanah yang menyebabkan ketersediaan hara menjadi lebih baik.

Tanaman jagung umumnya toleran terhadap keracunan Al sampai kejenuhan 40%, sehingga pemberian kapur tidak diperlukan. Pada tanah Ultisol di Jasinga, Bogor dengan kejenuhan Al 68,5%, tanpa kapur, tanaman jagung tidak menghasilkan biji. Pemberian kapur secara larik dapat meningkatkan hasil jagung di lokasi ini. Pemberian kapur dengan takaran 25% Ca^{+} memberikan hasil tertinggi, yaitu 3,8 t/ha (Muhadjir *et al.* 1989). Pada tanah sulfat masam, pemberian kapur sangat berperan dalam meningkatkan hasil jagung. Di Unit Tatas Kalimantan Tengah, pemberian kapur juga meningkatkan hasil jagung. Peningkatan takaran kapur dari 1 t menjadi 3 t/ha meningkatkan hasil sebesar 30% (Raihana 1993).

Penggunaan Bahan Organik

Untuk ameliorasi tanah, kapur memerlukan biaya mahal dan adakalanya tidak tersedia di lokasi. Bahan organik relatif lebih mudah didapatkan petani. Pemberian pupuk hijau *Gliricidia* atau kotoran sapi pada tanah Ultisol dapat mengurangi pemakaian pupuk N-urea sampai 75% dari total N yang diperlukan. Penggunaan *Sesbania rostrata* dapat meningkatkan hasil jagung 42% pada tanah Ultisol Jawa Barat. Menurut Tilo dan San Valentine (1984), pemberian 50% N-urea + 50% N-kotoran sapi memberikan hasil yang sama dengan pemberian 100% N-urea. Hasil penelitian Ogboona (1983 *dalam*

Cosico 1985) menunjukkan bahwa pemberian *Stylosanthes* sebagai suplemen pupuk buatan mampu menghemat N-urea sampai 60 kg N dari total pemberian 90 kg N.

Pemberian pupuk kandang pada tanah Ultisol di Bumi Asih sampai takaran 10 t/ha dapat meningkatkan hasil jagung dari 0,76 t menjadi 3,47 t pipilan kering/ha (Supriyono *et al.* 1998). Produktivitas jagung di tanah kapur dapat ditingkatkan dengan pemberian kotoran ayam atau kotoran sapi. Sebagai bahan organik, kotoran ayam lebih baik daripada kotoran sapi (Sudaryono 1998).

Inkubasi TSP dengan menggunakan kotoran sapi meningkatkan efisiensi penyerapan P dan hasil jagung (Yasin *et al.* 1997, Erdiman dan Syafei 1994). Pemberian pupuk kandang 2,5-5 t/ha, setara dengan 0,90-1,08 kg P, pada tanah sulfat masam meningkatkan ketersediaan P tanah dari 61,65 ppm menjadi 130,20 ppm. Pemberian bahan organik mempunyai pengaruh residu terhadap peningkatan ketersediaan hara P (Balitra 1998). Pemberian kotoran ayam 5 t/ha + 50 kg TSP memberikan serapan hara N, P, dan K yang sama baiknya dengan pemberian 100 kg TSP tanpa pupuk kandang (Djamaluddin 1985).

DAFTAR PUSTAKA

- Balasubramanian, V., A.C. Morales, R.T. Cruz, T.M. Thiyagarajan, R. Nagarajan, M. Babu, S. Abdulrahman, and L.H. Hai. 2000. Adaptation of chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: A review: *Int Rice Res. Notes* 25(1):4-8.
- Balitra. 1998. Laporan Tahunan Balitra tahun 1996/1997. Balai Penelitian Tanaman Rawa. Banjar Baru.
- Cosico, W.C. 1985. Organic fertilizers: their nature, properties and use. A Publ. Farming Syst. Soul Resource Inst. Coll. Agric. Philipp. Los Banos. Coll., Laguna. 126 p.
- Djamaluddin. 1985. Pemberian pupuk kandang dan fosfat serta pengaruh residualnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.) di daerah transmigrasi Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Disertasi Doktor pada Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. 200 p.
- Dobermann, A. and K.G. Cassman. 2002 Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production system of the United State and Asia. *Plant and Soil*. 247:153-172.

- Dobermann, A. and T. Fairthurs. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Internasional Rice Research Institute (IRRI). Los Banos. 192p.
- Dobermann, A., T. Arkebauer, K.G. Cassman, R.A. Drijber, J.L. Lindquist, J.E. Specht, D.T. Walters, H. Yang, D. Miller, D.L. Binder, G. Teichmeier, R.B. Ferguson and C.S. Wortmann. 2003. Understanding corn yield potential in different environments. p. 67-82. *In*: L.S. Murphy (Ed.). Fluid focus: the third decade. Proceedings of the 2003 Fluid Forum, Vol. 20. Fluid Fertilizer Foundation, Manhattan, KS.
- Erdiman dan Syafei. 1994. Pengaruh inkubasi fosfat (TSP) dengan bahan organik dan kapur terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pada tanah PMK Sitiung. p.67-76. Dalam Risalah Seminar Balitan Sukamandi. Vol V.
- Fadhly, A.F. A.S. Wahid, M. Rauf, dan Djamaluddin. 1993. Pengaruh sumber dan takaran nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Titian Agronomi*. 5:69-75.
- Fathan, R. M. Raharjo, A.K. Makarim. 1988. Hara tanaman jagung. *Dalam: Jagung*. Subandi *et al.* (Eds.). Puslitbangtan. Bogor. p. 49-66.
- Follet, R.H., R.F. Follet, and A.D. Halvorson. 1992. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23 (7 and 8):687-697.
- Gunarto, L. 1986. Studi pemupukan jagung pada tanah Aluvial berkapur di Wolangi. Laporan Tahunan Hasil Penelitian Kelti Tanah/Kesuburan. p.20-23.
- Hagin, J. and B. Tucker. 1982. Fertilization of dry land and irrigated soil. Springer-Verlag. Berlin Heidenberg. p.70-95
- Hussain, F., K.F. Bronson, Yadvinder-Singh, Bijay-Singh, and S. Peng. 2000. Use of chlorophyll meter sufficiency indicates for nitrogen management of irrigated rice in Asia. *Agron. J.* 92:875-879.
- Ma, B. L., K.D. Subedi and C. Costa. 2005. Comparison of crop based indicator with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. *Agron.* Vol. 97 no. 2 (462-471).
- Makarim, A. K., I.N. Widiarta, S. Hendarsih, dan S. Abdurachman. 2003. Panduan teknis pengelolaan hara dan pengendalian hama penyakit tanaman padi secara terpadu. Puslitbangtan. 37 p.
- McCaulay, A., C. Jones, J. Jacobsen. 2003. Plant Nutrien Function and Defisiensi and Toxicity Symptoms. Montana State Univ. Extension Service. p. 1-16.

- Morris, R.J. 1987. The importance and need for sulfur in crop production in Asia and the Pacific Region. In Proceeding of Symposium on Fertilizer, Sulphur Requirements and Sources in Developing Countries of Asia and Pacific. Bangkok.
- Muhadjir, F., R.Fathan, dan M. Raharjo. 1989. Emeliorasi lahan kering untuk meningkatkan hasil jagung. *Dalam: Prosiding Lokakakrya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus. AARP.* p.189-204.
- Noor, A., R.D. Ningsih. 1998 Efektifitas pemupukan P dari TSP dan SP36 pada tanaman jagung di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam: Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung.* Balitjas. Maros.p.450 - 456.
- Olson, R.A. and D.H. Sander. 1988. Corn production. In Monograph Agronomy Corn and Corn Improvement. Wisconsin. p.639-686.
- Patrick, W. H., JR and K.R. Reddy. 1976. Rate of fertilizer nitrogen in a flooded soil. *Soil. Svi. Soc. Proc.* 40:678-681.
- Raihana, Y. 1993. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat alam pada tanaman jagung di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam: Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan.* Balitan Malang. Malang. p.183-188.
- Subandi, Djamaluddin, S. Saenong, dan A. Hasanuddin. 1990. Efisiensi pemupukan pada padi dan palawija. Puslitbangtan. Bogor. 23p.
- Subandi, A.F. Fadhly, dan Djamaluddin. 1999. Penggunaan pupuk Phosmag plus untuk tanaman jagung. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain.* 3:15-22.
- Sudaryono. 1998. Teknologi produksi jagung. *Dalam: Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung.* Balitjas. Maros. p.137-158.
- Supriyono, A., R. Sutanto, dan S. Raihan. 1998. Pengelolaan bahan organik untuk keberlanjutan produktivitas tumpanggilir jagung-kacang tanah pada lahan kering masam. *Dalam: Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung.* Balitjas. Maros. p.412 - 423.
- Sutoro, Y. Soeleman, dan Iskandar. 1988. Budi daya tanaman jagung. *Dalam: Jagung. Subandi et al. (Eds.).* Puslibangtan. Bogor. p. 49-66.
- Syafruddin, Sania Saenong, A.F. Fadhly. 1997. Keragaan pemupukan N, P, K, dan S pada tanaman jagung di Sulsel. *Dalam: Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung.* Balitjas. Maros. p.478-489.
- Syafruddin, S. Saenong, dan Subandi. 2006. Pemantauan kecukupan hara N berdasarkan klorofil daun. pada tanaman jagung *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Jagung.* p. 296-302.

- Syafruddin, S. Saenong, dan Subandi. 2007. Pemantauan kecukupan hara N berdasarkan bagan warna daun. (BWD) pada tanaman jagung (belum dipublikasi).
- Tilo, S.N. and G.O. San Valentine. 1984. Crop residues/Farm manures. Mimeog. Report. Farming systems and soil res. Inst. UPLB.
- Tirtoutomo, S. S. Solehuddin, C. Soepardi, dan H. Taslim. 1991. Pengaruh macam dan waktu pemberian pupuk nitrogen terhadap efisiensi pengambilan nitrogen oleh tanaman jagung. Media Penelitian Sukamandi. 9:5-10.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. MacMilan Publishing Co. Inc., New York.
- Witt, C. and A. Dobermann. 2002. A site-specific nutrient management approach for irrigated lowland rice in Asia. Better Crops Int. 16:20-24.
- Witt, C. 2007. Site-specific nutrient management for maize in favorable tropical environments. Power poin Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi untuk Tanaman Jagung. Lampung. 44 p.
- Wood, C.W., P.W. Tracy, D.W. Reeves, and K.L. Edmisten. 1992. Determination of cotton nitrogen status with hand-held chlorophyll meter. J. Plant Nutr. 15:487-500.
- Yasin, S., Yulanafatmawati, dan N. Hakim. 1997. Teknologi inkubasi TSP dengan pupuk kandang untuk meningkatkan efisiensi pemupukan jagung pada tanah masam. Stigma.V:129-135.

Pengelolaan Air Tanaman Jagung

M. Aqil, I.U. Firmansyah, dan M. Akil
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Salah satu upaya peningkatan produktivitas guna mendukung program pengembangan agribisnis jagung adalah penyediaan air yang cukup untuk pertumbuhan tanaman (Ditjen Tanaman Pangan 2005). Hal ini didasarkan atas kenyataan bahwa hampir 79% areal pertanaman jagung di Indonesia terdapat di lahan kering, dan sisanya 11% dan 10% masing-masing pada lahan sawah beririgasi dan lahan sawah tadah hujan (Mink *et al.* 1987). Data tahun 2002 menunjukkan adanya peningkatan luas penggunaan lahan untuk tanaman jagung menjadi 10-15% pada lahan sawah irigasi dan 20-30% pada lahan sawah tadah hujan (Kasryno 2002).

Kegiatan budi daya jagung di Indonesia hingga saat ini masih bergantung pada air hujan. Menyiasati hal tersebut, pengelolaan air harus diusahakan secara optimal, yaitu tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat sasaran, sehingga efisien dalam upaya peningkatan produktivitas maupun perluasan areal tanam dan peningkatan intensitas pertanaman. Selain itu,antisipasi kekeringan tanaman akibat ketidakcukupan pasokan air hujan perlu disiasati dengan berbagai upaya, antara lain pompanisasi.

Jagung merupakan tanaman dengan tingkat penggunaan air sedang, berkisar antara 400-500 mm (FAO 2001). Namun demikian, budi daya jagung terkendala oleh tidak tersedianya air dalam jumlah dan waktu yang tepat. Khusus pada lahan sawah tadah hujan dataran rendah, masih tersisanya lengas tanah dalam jumlah yang berlebihan akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Sementara itu, penundaan waktu tanam akan menyebabkan terjadinya cekaman kekurangan air pada fase pertumbuhan sampai pembentukan biji. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi pengelolaan air bagi tanaman jagung.

Pengelolaan air perlu disesuaikan dengan sumber daya fisik alam (tanah, iklim, sumber air) dan biologi dengan memanfaatkan berbagai disiplin ilmu untuk membawa air ke perakaran tanaman sehingga mampu meningkatkan produksi (Nobe and Sampath 1986). Sasaran dari pengelolaan air adalah tercapainya empat tujuan pokok, yaitu: (1) efisiensi penggunaan air dan produksi tanaman yang tinggi, (2) efisiensi biaya penggunaan air, (3) pemerataan penggunaan air atas dasar sifat keberadaan air yang selalu ada tapi terbatas dan tidak menentu kejadian serta jumlahnya, dan (4) tercapai-

nya keberlanjutan sistem penggunaan sumber daya air yang hemat lingkungan. Dalam hubungannya dengan pengelolaan air untuk tanaman jagung yang banyak dibudidayakan di lahan kering dan tadah hujan, pengelolaan air penting untuk diperhatikan.

Tulisan ini membahas beberapa aspek pengelolaan air tanaman jagung yang meliputi aspek hujan wilayah, tipe lahan/pola tanam, pengelolaan kebutuhan air tanaman, hubungan jumlah pemberian air dengan hasil jagung, praktek pemberian air di pertanaman, metode pemberian air/irigasi, cekaman kelebihan air, teknik konservasi tanah/air, pemompaan dan teknologi embung untuk penyediaan air.

KETERSEDIAAN HUJAN WILAYAH

Pemahaman yang mendalam tentang sifat hujan wilayah sangat diperlukan agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang secara optimal. Pada saat terjadi hujan, air yang jatuh tidak semuanya dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Hujan yang jatuh hanya sebagian yang terserap tanaman yang disebut curah hujan efektif, dan sisanya terbang dalam bentuk penguapan, perkolasi atau melimpas. Nilai curah hujan efektif dapat diketahui dengan persamaan FAO/AGLW:

$$Pe = 0,6 P_{\text{total}} - 10, \text{ untuk } CH < 70 \text{ mm}$$

$$Pe = 0,8 P_{\text{total}} - 25, \text{ untuk } CH > 70 \text{ mm}$$

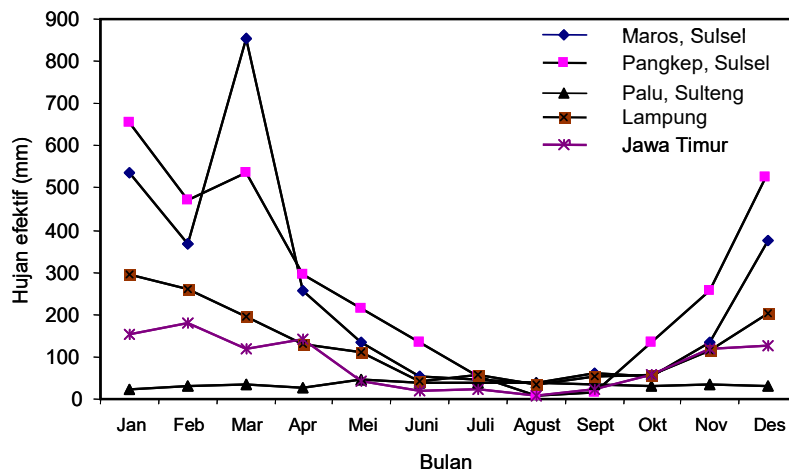
di mana Pe = curah hujan efektif

$$P_{\text{total}} = \text{total curah hujan}$$

Nilai curah hujan efektif pada beberapa lokasi di Indonesia yang dihitung dengan menggunakan metode FAO/AGLW disajikan pada Gambar 1. Nilai seri curah hujan pada lima wilayah Indonesia dijadikan dasar dalam penentuan jadwal tanam dan pola tanam dengan tingkat risiko gagal panen akibat kekurangan air seminimal mungkin.

POLA TANAM BERDASARKAN TINGKAT KETERSEDIAAN AIR

Budi daya jagung umumnya dilakukan pada lahan kering dan lahan sawah. Tipe lahan dibedakan menjadi lahan kering beriklim kering, lahan kering beriklim basah, lahan tadah hujan, dan lahan sawah irigasi. Masing-masing tipe lahan tersebut menggambarkan pola tanam jagung sesuai dengan ketersediaan air yang mencirikan tipe lahannya.



Gambar 1. Pola curah hujan efektif pada lima wilayah di Indonesia (Aqil *et al.* 2001).

Berdasarkan peluang kejadian hujan, pola tanam jagung umumnya adalah:

Lahan kering beriklim kering	: jagung – bera – bera jagung – jagung – bera
Lahan kering beriklim basah	: jagung – jagung – jagung jagung – jagung – bera
Lahan tadah hujan	: padi – bera – bera padi – jagung – bera
Lahan sawah irigasi	: padi– padi– jagung padi – jagung – jagung

Pada lahan kering beriklim kering dataran rendah, pola tanam jagung-jagung-bera dapat diterapkan apabila terdapat jaminan tambahan air irigasi melalui air tanah dangkal. Drainase lahan diperlukan untuk mempercepat waktu tanam jagung setelah panen padi. Untuk pola tanam padi-jagung-jagung pada lahan sawah tadah hujan, selain drainase juga diperlukan tambahan irigasi dari sumber air tanah dangkal atau air permukaan (Prabowo *et al.* 1996).

KEBUTUHAN AIR TANAMAN

Dalam perencanaan pengairan, yang perlu mendapat perhatian adalah kebutuhan air/evapotranspirasi tanaman. Evapotranspirasi tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual.

Evapotranspirasi Potensial (ETP)

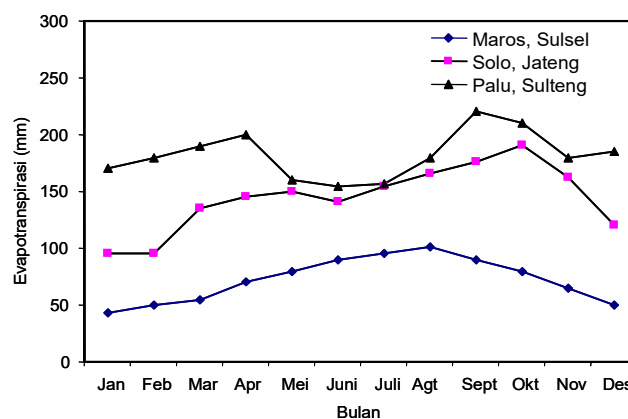
ETP merupakan jumlah air yang ditranspirasikan dalam satuan unit waktu oleh tanaman yang menutupi tanah secara keseluruhan dengan ketinggian seragam, tidak pernah kekurangan air, dan tidak terserang hama penyakit. Dengan kata lain, ETP dapat diinterpretasikan sebagai kehilangan air oleh tanaman yang diakibatkan oleh faktor klimatologis. Penentuan nilai kebutuhan air tanaman (evapotranspirasi) sejauh ini masih berdasarkan pada persamaan empiris yang telah banyak dikembangkan (Doorenbos and Pruitt 1984). Di antara persamaan-persamaan empiris yang umum digunakan adalah metode Blaney-Criddle dan metode Penman, sedangkan penggunaan langsung di lapang umumnya dengan menggunakan peralatan untuk mengamati perubahan air tanah. ETP dapat dihitung secara empiris dengan persamaan Penman (Doorenbos and Pruitt 1984), sebagai berikut:

$$ETP = C \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 2,7 W_f (e_z^o - e_z)$$

di mana:

- C = Faktor koreksi
- Δ = Pertambahan tekanan uap jenuh
- γ = Konstanta psikhrometrik
- R_n = Radiasi matahari bersih (mm/hari)
- G = Fluks panas laten tanah (untuk periode harian = 0)
- W_f = Fungsi kecepatan angin ($1 + 0,864 u_2$)
- $(e_z^o - e_z)$ = Defisit tekanan uap (mbar)
- (e_z^o) = Tekanan uap jenuh (mbar)
- e_z = Tekanan uap aktual (mbar)

Nilai penguapan/evapotranspirasi pada tiga lokasi di Indonesia yang dihitung dengan menggunakan metode Penman disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola penguapan/evapotranspirasi pada tiga wilayah di Indonesia (Aqil *et al.* 2001).

Evapotranspirasi Aktual (ETA)

ETA merupakan tebal air yang dibutuhkan untuk mengganti sejumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi pada tanaman yang sehat. Nilai ETA adalah nilai kebutuhan air yang harus diberikan ke tanaman, atau merupakan dasar dalam penentuan kebutuhan air bagi tanaman di lapang dengan persamaan empiris:

$$ETA = ETP \times Kc$$

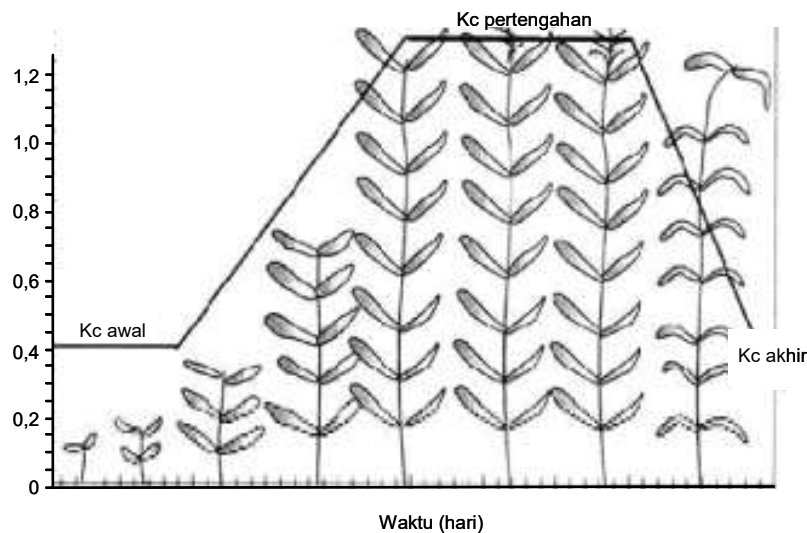
di mana:

ETA = evapotranspirasi aktual (mm)

ETP = evapotranspirasi potensial (mm)

Kc = koefisien tanaman

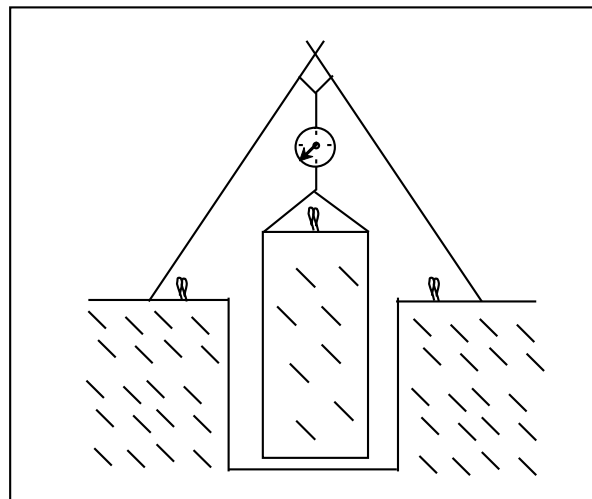
Koefisien tanaman (Kc) menggambarkan laju kehilangan air secara drastis pada fase-fase pertumbuhan tanaman, dan menggambarkan keseimbangan komponen-komponen energi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (FAO 2001). Gambar 3 memperlihatkan tahapan pertumbuhan jagung dan koefisien tanaman yang digunakan untuk mengatur pemberian air. Koefisien tanaman mempunyai nilai antara 0,30 pada fase awal, 0,4–1,1 pada fase pertumbuhan, 1,2 pada fase pembuahan/pengisian biji, dan 0,5 pada fase akhir menjelang panen. Nilai koefisien yang digunakan dalam pengelolaan air bagi tanaman jagung disajikan pada Tabel 1 (FAO 2001).



Gambar 3. Koefisien tanaman pada tahapan pertumbuhan jagung (FAO 2001).

Tabel 1. Koefisien tanaman yang digunakan dalam pengelolaan pengairan tanaman.

Karakteristik tanaman	Periode pertumbuhan				
	Awal	Perkembangan tanaman	Pertengahan musim	Menjelang panen	Total
Tahapan berkembang (hari)	25	40	40	35	135
Koefisien deplesi (p)	0,50	0,50	0,50	0,80	-
Kedalaman akar (m)	0,30	>>	>>	1,00	-
Koefisien tanaman (Kc)	0,30	>>	1,2	0,50	-
Faktor respon hasil (Ky)	0,40	0,40	1,30	0,50	1,25



Gambar 4. Lisimeter untuk penentuan kebutuhan air tanaman.

Penentuan ETA di lapang dapat menggunakan lisimeter, yaitu tangki yang diisi dengan tanah, ditanami dengan tanaman tertentu, dan diletakkan pada lahan terbuka (Gambar 4).

Untuk menentukan volume kebutuhan air tiap hari atau tiap dekade, maka informasi kebutuhan air tiap musim, umur tanaman jagung, dan luas lisimeter yang digunakan harus diketahui sebelumnya. Sebagai contoh, kebutuhan air irigasi jagung tiap musim = 500 mm, umur tanaman 100 hari, dan diameter lisimeter yang digunakan = 57,5 cm, maka volume air yang harus diberikan dalam satu hari dapat dihitung sebagai berikut (Doorenbos and Pruitt 1984):

$$V = A \times \frac{d}{T}$$

di mana:

V = Volume air yang harus diberikan dalam satu hari (ml)

A = Luas permukaan lisimeter (A=; d = 57,5 cm)

d = Volume air tiap musim (500 mm)

T = Umur tanaman jagung (100 hari)

Atau $V = 2596,7 \times 50/100 \text{ cm}^3$

V = 1290 ml

Berdasarkan volume perlakuan pemberian air tersebut maka nilai ETA dapat dihitung dengan persamaan:

$$ETA = (M_n + P) - M_{n+1}$$

di mana

M = bobot lisimeter (kg)

P = volume perlakuan (kg)

N = poin pengamatan (1,2,3,...n)

Nilai ETA yang diperoleh dikonversi dari kg/hari menjadi mm/hari dengan persamaan:

$$ETA = \frac{ETA_n \times 10^6 \text{ mm}^3/\text{hari}}{A \text{ mm}^2/\text{hari}}$$

Di mana ETA dalam satuan mm/hari; 10^6 adalah konversi liter ke mm^3 , dan A adalah luas permukaan lisimeter (mm^2).

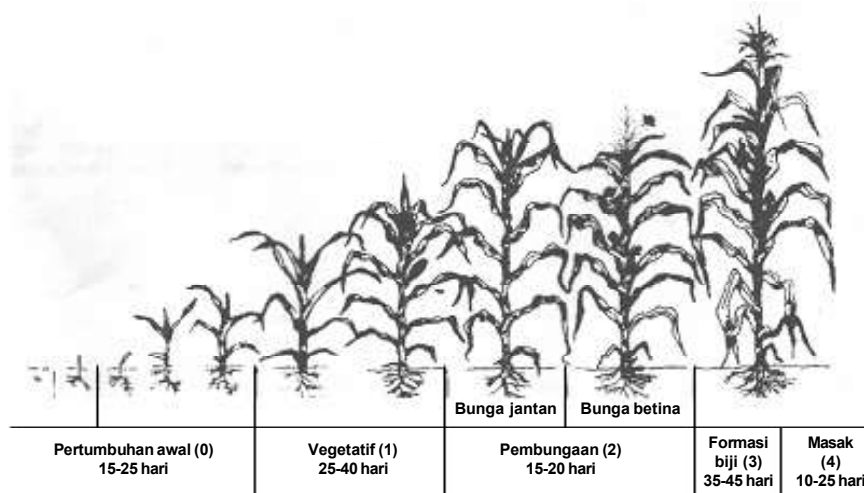
HUBUNGAN JUMLAH PEMBERIAN AIR DENGAN HASIL JAGUNG

Ketepatan pemberian air sesuai dengan tingkat pertumbuhan tanaman jagung sangat berpengaruh terhadap produksi. Periode pertumbuhan tanaman yang membutuhkan adanya pengairan dibagi menjadi lima fase, yaitu fase pertumbuhan awal (selama 15-25 hari), fase vegetatif (25-40 hari), fase pembungaan (15-20 hari), fase pengisian biji (35-45 hari), dan fase pematangan (10-25 hari).

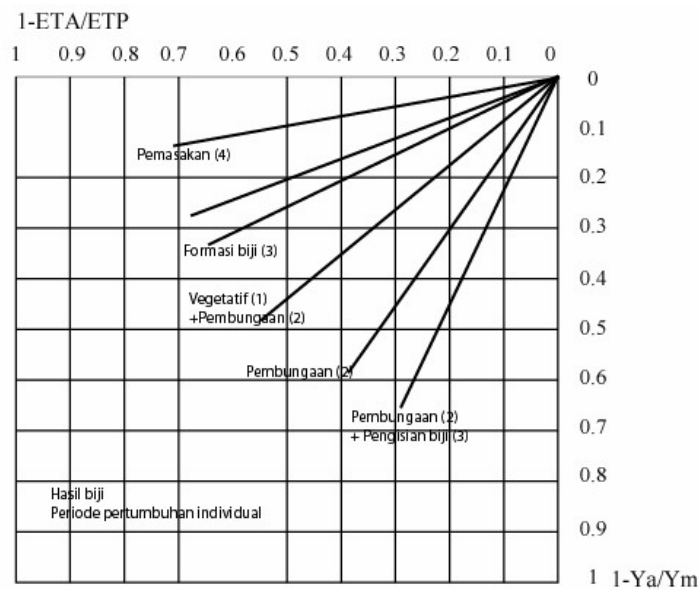
Skema pertumbuhan tanaman pada setiap fase disajikan pada Gambar 5. Hubungan antara tingkat penurunan hasil relatif ($1-Y_a/Y_m$) terhadap defisit evapotranspirasi relatif pada setiap tanaman jagung disajikan pada Gambar 6.

Dari Gambar 5 dan 6 diperoleh informasi bahwa frekuensi dan kedalaman pemberian air dan curah hujan mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil jagung. Pada Gambar 6 terlihat bahwa tanaman jagung lebih toleran terhadap kekurangan air pada fase vegetatif (fase 1) dan fase pematangan/masak (fase 4). Penurunan hasil terbesar terjadi apabila tanaman mengalami kekurangan air pada fase pembungaan, bunga jantan dan bunga betina muncul, dan pada saat terjadi proses penyerbukan (fase 2). Penurunan hasil tersebut disebabkan oleh kekurangan air yang mengakibatkan terhambatnya proses pengisian biji karena bunga betina/tongkol mengering, sehingga jumlah biji dalam tongkol berkurang. Hal ini tidak terjadi apabila kekurangan air terjadi pada fase vegetatif. Kekurangan air pada fase pengisian/pembentukan biji (fase 3) juga dapat menurunkan hasil secara nyata akibat mengecilnya ukuran biji. Kekurangan air pada fase pemasakan/pematangan (fase 4) sangat kecil pengaruhnya terhadap hasil tanaman.

Penelitian pengaruh jumlah pemberian air terhadap hasil biji dan efisiensi penggunaan air tanaman jagung telah dilakukan oleh Prabowo *et al.* (1998). Sebagaimana disajikan pada Tabel 2, perlakuan IV yang merupakan kontrol atau selama pertumbuhan tanaman diberikan air sebanyak 373 mm memberikan hasil tertinggi, yaitu 7,6 t/ha (Prabowo *et al.* 1998).



Gambar 5. Skema pertumbuhan tanaman jagung pada setiap fase (FAO 2001).



Gambar 6. Hubungan antara tingkat penurunan hasil relatif ($1-Y_a/Y_m$) terhadap defisit evapotranspirasi relatif tanaman jagung (FAO 2001).

Tabel 2. Pengaruh jumlah pemberian air terhadap hasil biji dan efisiensi penggunaan air tanaman jagung.

Uraian (1)	Total air, ETA (mm/musim) (2)	Hasil biji (t/ha) (3)	Brangkasan indeks panen (t/ha) (4)	Indeks panen (5) = (3):(4)	Eff. air (g/mm-air) (6) = (3/2 x 5)
I	355	6.1	15.3	0.39	3.88
II	349	5.3	12.7	0.41	3.61
III	339	3.4	8.7	0.39	2.95
IV	373	7.6	18.8	0.40	3.95

Hasil penentuan nilai kebutuhan air tanaman, baik melalui estimasi maupun pengukuran, kemudian dibandingkan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan pengamatan, prosedur pengamatan, dan ketersediaan data. Misalnya data kebutuhan air tanam, baik dalam bentuk estimasi maupun pengukuran langsung, dikumpulkan dan dibandingkan dengan data hujan untuk menentukan periode defisit air, sehingga jadwal dan jumlah air yang harus diberikan dapat direncanakan dengan baik.

PRAKTEK PEMBERIAN AIR DI PERTANAMAN

Pengairan Tanaman dalam Kondisi Berkecukupan Air

Dalam kondisi air tersedia dalam jumlah yang cukup, setelah dilakukan penanaman, lahan sebaiknya diairi. Hal ini untuk menjaga agar perkembangan akar tanaman menjadi baik. Untuk pemberian air selanjutnya, kisaran nilai kadar lengas tanah antara kapasitas lapang dan titik layu permanen, merupakan air tersedia yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (AW), dijadikan indikator dalam menentukan jumlah dan waktu pemberian air. Kapasitas lapang adalah kadar lengas tanah yang tertahan dalam tanah setelah tanah mengalami proses penjenruhan akibat hujan atau irigasi, yang berlangsung antara 2-3 hari setelah hujan. Kondisi ini terjadi pada tekanan isap tanah mencapai -0,33 bar. Titik layu permanen adalah jumlah air minimum di mana tanaman sudah mulai layu dan tidak dapat tumbuh lagi walaupun diberi tambahan air (Een.wikipedia 2007). Kondisi ini terjadi pada tekanan isap tanah mencapai -15 bar. Nilai air tanah tersedia dapat ditentukan dengan persamaan:

$$AW = \frac{D_{rz} (KL - TLP)}{100}$$

di mana:

AW = lengas tersedia untuk tanaman (cm)

D_{rz} = kedalaman zona perakaran tanaman (cm)

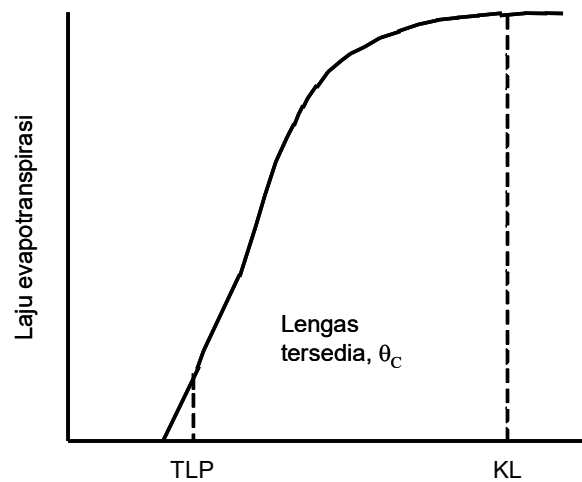
KL = kadar air dalam kondisi kapasitas lapang (%)

TLP = kadar air dalam kondisi titik layu permanen (%)

Penurunan transpirasi aktual tanaman relatif lebih kecil apabila kondisi lengas tanah berada antara KL dan θ_c dibandingkan penurunan transpirasi aktual tanaman pada kondisi di mana lengas tanah berada antara θ_c dan TLP (Gambar 7). Dengan kata lain, apabila kondisi lengas tanah dijaga pada kisaran antara KL dan θ_c kualitas hasil tanaman lebih baik.

Walaupun secara teoritis tanaman masih mampu mendapatkan air dari tanah dalam kondisi kadar lengas tanah sudah melewati TLP tanaman, namun sedikit demi sedikit kemampuan mentranspirasikan air akan berkurang seiring menutupnya stomata sebagai respon terhadap kekurangan air. Gambar 7 memperlihatkan variasi laju transpirasi aktual tanaman jagung terhadap kondisi lengas tanah, yang didefinisikan sebagai kadar lengas tanah kritis (θ_c).

Irigasi biasanya dijadwalkan untuk menjaga kondisi lengas tanah di atas nilai tanah. Dalam prakteknya, volume tiap satuan luas permukaan dari



Gambar 7. Variasi laju transpirasi aktual tanaman jagung terhadap kondisi lengas tanah (Ju edu 2004).

lengas tanah antara kapasitas lapang dan θ_c kadang-kadang disebut lengas tanah yang tersedia/siap dimanfaatkan oleh tanaman (RAW). Nilai RAW dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$RAW = \frac{D_{rz} (KL - \theta_c)}{100}$$

di mana θ_c adalah kadar lengas tanah (%/volume).

Nilai lengas tanah dapat diukur dengan menggunakan tensiometer. Pengukuran lengas tanah juga dapat dilakukan secara gravimetri atau menggunakan alat *neutron probe*.

Strategi Pemberian Air Jagung dalam Kondisi Defisit Air

Mempertimbangkan besarnya pengaruh cekaman kekurangan air terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman jagung, diperlukan pengaturan pemberian air secara terencana, baik dalam jumlah maupun kedalaman pemberian, khususnya pada kondisi kekurangan air.

Dengan memperhitungkan tingkat ETP dalam pemberian air irigasi, perkiraan deplesi air pada fase-fase pertumbuhan tanaman adalah 40% pada fase pertumbuhan awal, antara 55-65% pada fase 1, fase 2, dan fase 3, serta 80% pada fase pemasakan.

Tabel 3. Waktu pemberian air bagi tanaman jagung sesuai dengan tingkat ketersediaan air.

Frekuensi pemberian air (kali)	Pertumbuhan awal (0)	Vegetatif (1)	Pembungaan (2)	Pengisian biji (3)	Masak (4)
2	■		■		
3	■	■		■	
4	■	■	■	■	
5	■	■	■	■	■

Sumber: FAO (2001).

Frekuensi pemberian air bagi tanaman jagung dalam satu musim tanam berkisar antara 2-5 kali. Waktu pemberian air yang tepat sesuai dengan tingkat ketersediaan air disajikan pada Tabel 3.

Dalam kondisi tidak ada hujan dan ketersediaan air irigasi sangat terbatas maka pemberian air bagi tanaman dapat dikurangi dan difokuskan pada periode pembungaan (fase 2) dan pembentukan biji (fase 3). Pemberian air selama fase vegetatif dapat dikurangi. Dengan irigasi yang tepat waktu dan tepat jumlah maka diharapkan akan didapatkan hasil jagung 6-9 t/ha (kadar air 10-13%), dengan efisiensi penggunaan air 0,8-1,6 kg/m³.

METODE PEMBERIAN AIR

Linsley dan Fransini (1986) membagi metode pemberian air bagi tanaman jagung ke dalam lima metode yaitu:

1. model genangan
2. model alur (*furrow*)
3. model bawah permukaan (*sub surface*)
4. model pancaran (*sprinkler*)
5. model tetes (*drip*)

Di antara model tersebut, pemberian air dengan metode alur paling banyak diterapkan dalam budi daya jagung. Dengan metode ini air diberikan melalui alur-alur di sepanjang baris tanaman. Dengan penggunaan alur untuk mendistribusikan air, kebutuhan pembasahan hanya sebagian dari permukaan (1/2-1/5) sehingga mengurangi kehilangan air akibat penguapan, mengurangi pelumpuran tanah berat, dan memungkinkan untuk mengolah tanah lebih cepat setelah pemberian air.

Kegiatan perbaikan efisiensi irigasi alur pada tanaman jagung telah banyak dilakukan. Balai Penelitian Tanaman Sereal (Balitsereal) Maros telah

melakukan perancangan model saluran untuk tanah pasir menggunakan model matematika. Pertama-tama dilakukan pengujian kemampuan tanah untuk melewatkan air ke daerah perakaran tanaman (infiltrasi). Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan jumlah air maksimum yang dapat ditampung oleh tanah hanya 32,5 mm (325 m³/hari). Pemberian air yang berlebihan tidak dapat lagi dimanfaatkan oleh tanaman. Berdasarkan data tersebut maka dibuat model matematik untuk memprediksi bentuk dan dimensi saluran dengan tingkat infiltrasi yang seragam sepanjang lahan. Hasil uji model menghasilkan dimensi saluran optimal, yaitu lebar = 32-34 cm dan kedalaman alur = 21-25 cm dengan kelerengan saluran 0,8% (Aqil *et al.* 2004). Selanjutnya dibuat alat pembuat alur dengan dua tipe, yaitu PAI-M1 dan PAI-M2 (Gambar 8). Perbandingan kinerja peralatan pembuat alur berupa PAI-M1, PAI-M2, cangkul, dan bajak singkal disajikan pada Tabel 4.

Pengairan tanaman jagung dengan pengoperasian PAI-M2 mampu meningkatkan efisiensi irigasi dari 46,2% pada cara petani menjadi 90%. Biaya pembuatan alur juga dapat ditekan dari Rp 330.000 dengan cangkul menjadi Rp 35.600/ha dengan PAI-M2.

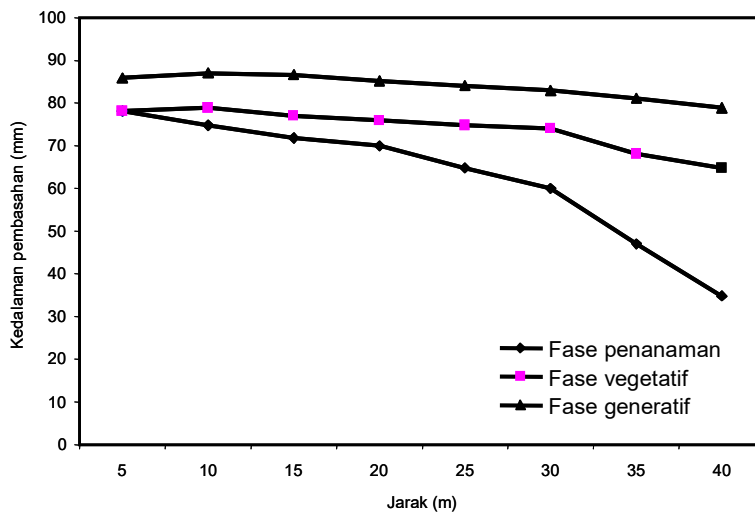


Gambar 8. Alat pembuat alur model PAI-M1 dan PAI-M2 (Aqil *et al.* 2004).

Tabel 4. Kapasitas kerja, dimensi alur dan biaya operasional alsin pembuat alur model PAI-M2, PAI-M1, cangkul dan bajak singkal/ternak pada tanah bertekstur ringan. Takalar, Sulawesi Selatan, 2002.

Uraian	Peralatan pembuat alur			
	PAI-M1	PAI-M2	Cangkul	Bajak singkal ditarik ternak
Kapasitas kerja (jam/ha)	6	2.5	176	24
Alur irigasi				
- Lebar alur (cm)	34.90	35	35	27
- Kedalaman (cm)	22.40	22.80	9	16
- Efisiensi irigasi	90.91	90.00	46.20	-
Biaya operasional (Rp/ha)	85.414	35.600	330.000	200.000

Sumber: Aqil *et al.* (2004).



Gambar 9. Pola sebaran resapan air di sekitar perakaran tanaman pada tiga fase pertumbuhan tanaman (Umar dan Nurtirtayani 2005).

Penelitian pemberian air tanaman jagung model alur juga telah dilakukan pada lahan lebak (Umar dan Nurtirtayani 2005). Salah satu tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pola resapan air di sekitar perakaran tanaman pada fase-fase penting pertumbuhan, di antaranya fase penanaman, fase vegetatif, dan fase generatif. Pola sebaran resapan air di perakaran tanaman pada ketiga fase disajikan pada Gambar 9.

Efektifitas resapan irigasi alur pada fase penanaman lebih tinggi dibanding fase generatif. Namun, secara umum pemberian air irigasi model alur berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman jagung di lahan lebak, dengan hasil mencapai 3,80 t/ha (varietas Sukmaraga), lebih tinggi dibanding varietas lokal yang hanya memberi hasil 2,3 t/ha.

CEKAMAN KELEBIHAN AIR

Selain tekanan kekeringan, tekanan akibat kelebihan air pada pertanaman jagung juga tinggi karena jagung umumnya ditanam setelah panen padi, sehingga terjadi kejenuhan lahan pada fase awal pertumbuhan tanaman serta periode vegetatif di mana kumulatif hujan masih tinggi. Penelitian ketahanan tanaman jagung terhadap kelebihan air dan pengaruhnya terhadap hasil telah dilakukan di Kebun Percobaan Maros, Sulawesi Selatan.

Tabel 5. Pengaruh lama penggenangan (P) pada berbagai fase pertumbuhan (F) terhadap hasil jagung.

Fase pertumbuhan (HST)	Hasil tanaman (ton/ha)		
	Penggenangan 0 hari	Penggenangan 2 hari	Penggenangan 4 hari
7-21	4,84	0,81	2,70
45	5,03	2,45	1,45
60	4,96	3,70	2,77
45 dan 60	5,02	3,42	2,25
Rata-rata	4,97	2,59	1,68

Sumber: Prabowo *et al.* (1996).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama penggenangan dan fase pertumbuhan tanaman (varietas Wisanggeni) berkorelasi langsung dengan hasil (Tabel 5). Perlakuan tanpa penggenangan memberikan hasil tertinggi. Perlakuan penggenangan selama dua maupun empat hari pada umur tanaman 45 HST memberikan hasil di atas 2 t/ha.

Pada Tabel 5 juga tampak bahwa umur tanaman yang sensitif terhadap pengaruh penggenangan adalah sebelum 21 HST (fase pemantapan tumbuh). Hal ini disebabkan oleh perakaran tanaman masih sedikit dan tersebar di atas permukaan tanah, sehingga peka terhadap kelebihan air. Grobbelaar (1963) menyatakan bahwa tanaman jagung berumur 7-21 HST apabila tergenang lebih dari satu hari akan menurunkan konsentrasi oksigen dalam tanaman mendekati nol, dan menghambat pertumbuhan akar.

TEKNIK KONSERVASI TANAH DAN PEMBERIAN AIR PADA LAHAN SAWAH TADAH HUJAN

Penelitian konservasi dan pemberian air pada pertanaman jagung di lahan sawah tadah hujan yang dikaitkan dengan penyiapan lahan sebelum tanam telah dilakukan di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Penyiapan lahan hanya dengan aplikasi herbisida glifosat (3 l bahan/ha) untuk mengendalikan gulma, dan diikuti oleh pembuatan alur irigasi pada setiap dua baris tanaman secara memanjang setelah tanaman tumbuh dengan menggunakan alat pembuat alur model PAI-M2 ditarik traktor tangan. Penggunaan PAI-M2 merupakan salah satu cara untuk mengefisienkan pemberian air pada tanaman jagung dengan menggunakan pompa dari sumur gali/bor. Dengan sistem tersebut, pemberian air sebanyak empat kali pada saat tanaman berumur 15, 30, 45, dan 60 hari mampu menghasilkan biji sebanyak 7,12 t/

Tabel 6. Hasil biji jagung dengan beberapa teknik konservasi dan pemberian air pada lahan sawah tadah hujan. Pangkep, Sulawesi Selatan.

Perlakuan	Volume pemompaan air (mm/musim)	Hasil biji (t/ha)
Pengolahan tanah sempurna + tanaman dibumbun pakai bajak singkal ditarik traktor tangan	175,4	6,69
Pengolahan tanah sempurna + tanaman dibumbun pakai bajak model PAI-M2 ditarik traktor tangan	163,6	6,64
Tanah diolah dengan bajak di antara barisan tanaman dengan alat traktor tangan	145,6	6,85
Tanah diolah dengan bajak di antara barisan tanaman dengan alat pembuat alur model PAI-M2 ditarik traktor tangan	156,9	6,80
Penyiapan lahan dengan herbisida + cangkul setempat.	198,6	6,71
Penyiapan lahan dengan herbisida + alur irigasi/bumbun dengan alat pembuat alur PAI-M2 ditarik traktor tangan	167,0	7,12

ha. Dengan cara tanam yang sama tetapi tidak menggunakan sistem alur untuk penyaluran air irigasi melainkan dengan cangkul, hasil jagung 6,71 t/ha (Firmansyah *et al.* 2006).

PEMOMPAAN UNTUK PERBAIKAN EFISIENSI IRIGASI

Pemberian air untuk pertanaman jagung pada musim kemarau umumnya memanfaatkan air tanah dangkal dengan kedalaman sumur bor/gali berkisar antara 3,8-9 m. Jenis pompa yang umum digunakan adalah pompa sentrifugal $\varnothing$ 2 inci (4 HP) dan $\varnothing$ 3 inci (5 HP). Kendala penggunaan pompa sentrifugal adalah biaya operasional yang cukup tinggi. Hal ini berakibat pada meningkatnya biaya produksi jagung. Untuk menekan biaya operasional pemompaan, Balitsereal telah merakit prototipe pompa aksial tegak model PT-4D-M1 yang lebih hemat. Spesifikasi, kinerja, dan biaya pemompaan dengan pompa model PT-4D-M1 dan sentrifugal 3 inci disajikan pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 terlihat bahwa pompa rakitan Balitsereal menghasilkan debit pemompaan yang lebih besar sehingga waktu pemberian air dapat direduksi dari 249-272 jam menjadi 91-234 jam/ha/musim. Biaya operasional pemompaan juga dapat ditekan dari Rp 766.000-1.167.000 menjadi Rp 331.000-976.000, sehingga pemanfaatan pompa aksial tegak untuk pertanaman jagung mempunyai prospek yang baik.

Tabel 7. Spesifikasi, kinerja, dan biaya pemompaan air tanah dangkal prototipe pompa aksial tegak model PT-4D-M1 dan sentrifugal 3 inci.

Uraian	Pompa air	
	Pompa aksial tegak diameter 4 inci	Pompa sentrifugal diameter 3 inci
Model	PT-4D-M1	-
Daya enjin (Hp)	5,50	5,00
- Debit pemompaan maksimum (l/dt)	10,01-3,91	3,67-3,37
- Waktu pemberian air (jam/ha/musim)	91-234	249-272
- Biaya operasional (Rp/ha/musim)	331.000-976.000	766.000-1.167.000

Sumber: Firmansyah *et al.* (2004).

PENANGGULANGAN KEKURANGAN AIR PADA LAHAN SAWAH TADAH HUJAN DENGAN TEKNOLOGI EMBUNG

Teknologi embung merupakan cara untuk memanen/memanfaatkan air hujan agar dapat digunakan pada musim kemarau, sehingga intensitas tanam dapat ditingkatkan. Teknologi embung dapat menanggulangi kekurangan air, khususnya pada lahan sawah tadah hujan. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam desain embung adalah tata letak, kemiringan lahan, sifat fisik tanah, daya tampung embung, jenis tanaman, dan teknik pengairannya (Syamsiah *et al.* 1992).

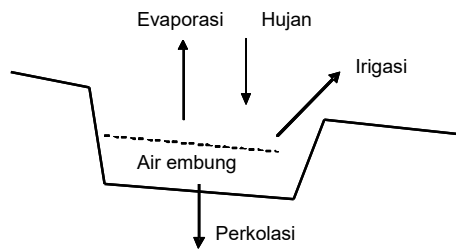
Neraca air pada embung disajikan pada Gambar 10. Air embung berasal dari curah hujan langsung dan aliran permukaan. Kehilangan air embung dapat terjadi melalui perkolasi, susupan, evaporasi, dan digunakan untuk pengairan. Neraca air embung dihitung dengan persamaan (Syamsiah *et al.* 1992):

$$D = DR + RO - E (S \text{ dan } P) - IR$$

di mana:

- D = perubahan tinggi muka air di embung
- DR = curah hujan langsung
- RO = aliran permukaan
- E = evaporasi
- S dan P = susupan dan perkolasi
- IR = air yang digunakan untuk pengairan

Teknologi embung telah diterapkan di sebagian daerah di Jawa Tengah dan Jawa Timur, antara lain Kabupaten Pati dan Rembang. Ke depan, teknologi embung diharapkan menjadi salah satu teknologi alternatif dalam budi daya tanaman, khususnya serealia seperti jagung pada lahan kering atau lahan tadah hujan.



Gambar 10. Neraca air pada embung (Syamsiah *et al.* 1992).

DAFTAR PUSTAKA

- Aqil, M., A. Prabowo, I.U. Firmansyah, dan I G.P. Sarasutha. 2001. Penetapan jadwal tanam jagung dan sorgum berdasarkan pola distribusi hujan, kebutuhan air tanaman, dan ketersediaan air tanah. Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros. p. 44-54.
- Aqil, M., R.H. Anasiru, Riyadi, A. Prabowo, dan I.U. Firmansyah. 2002. Tanggapan hasil tanaman jagung dan sorgum terhadap kelebihan air. *Stigma* 10 (4). 331-336.
- Aqil, M., I.U. Firmansyah, Y. Sinuseng, B. Abidin, dan Riyadi. 2004. Peningkatan efisiensi model alur pada pertanaman jagung. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian. Serpong. p. 204-211.
- Ditjen Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. 2005. Program dan kebijakan pemerintah dalam pengembangan agribisnis jagung. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p.104-112.
- Doorenbos and Pruitt. 1984. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage, Paper no. 24. Rome, Italy. p. 44-54.
- Een.wikipedia. 2007. Permanent Wilting Point. Free Encyclopedia (www.Een.wikipedia.org). p. 1-3.
- FAO. 2001. Crop Water Management-Maize. Land and Water Development Division (www.fao.org). p. 3-8.
- Firmansyah, I.U., Aqil. M., B. Abidin, Y. Sinuseng, Bahtiar, dan Riyadi. 2004. Potensi pompa aksial tegak untuk irigasi tanaman jagung di Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. p.200-207.

- Firmansyah, I.U., Suwardi, dan M. Akil. 2006. Teknik konservasi dan pemberian air pada pertanaman jagung di lahan sawah tadah hujan, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Makalah Seminar Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 1-10.
- Grobbelaar, W.P. 1963. Response of young maize plants to root temperatures. Meded Land Bouwhogeschool, Wageningen. p. 1-71.
- Ju.edu. 2004. Irrigation Water Requirements (www.ju.edu.jo). p. 1-10.
- Kasryno, F. 2002. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia selama empat dekade yang lalu dan implikasinya bagi Indonesia. Makalah disampaikan pada Diskusi Nasional Agribisnis Jagung. Bogor. p. 50-65.
- Linsley, R.K. and J.B. Franzini. 1986. Water Resources Engeneering. International Student Edition. MacGraw Hill BookCo. Singapore. p. 55-70.
- Mink, S.D., P.A. Dorosh, and D.H. Pery. 1987. Corn production systems. *In*: Timmer (Eds.). The Corn Economy of Indonesia. p. 62-87.
- Nobe and Sampath. 1986. Irrigation management in developing countries: Current issues and approaches. Studies in Water Policy and Management. Weatview Press. p.15-25.
- Prabowo, A., I.U. Firmansyah, dan R.H. Anasiru. 1996. Irigasi dan neraca air lahan pertanaman jagung. Hasil Penelitian Pascapanen dan Mekanisasi 1995/1996. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros. p.1-10.
- Prabowo, A., Prastowo, B., I.U. Firmansyah, dan R.H. Anasiru. 1998. Pengelolaan air untuk tanaman jagung: Kasus lahan kering dan sawah tadah hujan di Maros dan Danau Tempe. Prosiding Seminar dan Lokakarya Jagung Nasional, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p.15-25.
- Syamsiah, I., Suprpto, dan A.M. Fagi. 1992. Potensi pengembangan embung di lahan sawah tadah hujan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian bekerja sama dengan Kantor Wilayah Departemen Pertanian Provinsi Jawa Tengah. Jakarta. p. 200-206.
- Umar dan Nurtirtayani. 2005. Pemberian air irigasi permukaan untuk tanaman jagung pada musim kemarau di lahan lebak. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman. Bogor. p. 445-453.



Pengendalian Gulma pada Pertanaman Jagung

A.F. Fadhly dan Fahdiana Tabri
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Kehadiran gulma pada lahan pertanaman jagung tidak jarang menurunkan hasil dan mutu biji. Penurunan hasil bergantung pada jenis gulma, kepadatan, lama persaingan, dan senyawa allelopati yang dikeluarkan oleh gulma. Secara keseluruhan, kehilangan hasil yang disebabkan oleh gulma melebihi kehilangan hasil yang disebabkan oleh hama dan penyakit. Meskipun demikian, kehilangan hasil akibat gulma sulit diperkirakan karena pengaruhnya tidak dapat segera diamati. Beberapa penelitian menunjukkan korelasi negatif antara bobot kering gulma dan hasil jagung, dengan penurunan hasil hingga 95% (Violic 2000). Jagung yang ditanam secara monokultur dan dengan masukan rendah tidak memberikan hasil akibat persaingan intensif dengan gulma (Clay and Aquilar 1998).

Secara konvensional, gulma pada pertanaman jagung dapat dikendalikan melalui pengolahan tanah dan penyiangan, tetapi pengolahan tanah secara konvensional memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang besar. Pada tanah dengan tekstur lempung berpasir, lempung berdebu, dan liat, jagung yang dibudidayakan tanpa olah tanah memberikan hasil yang sama tingginya dengan yang dibudidayakan dengan pengolahan tanah konvensional (Widiyati *et al.* 2001, Efendi dan Fadhly 2004, Efendi *et al.* 2004, Fadhly *et al.* 2004, dan Akil *et al.* 2005).

Gulma pada pertanaman jagung tanpa olah tanah dikendalikan dengan herbisida. Sebelum jagung ditanam, herbisida disemprotkan untuk mematikan gulma yang tumbuh di areal pertanaman. Setelah jagung tumbuh, gulma masih perlu dikendalikan untuk melindungi tanaman. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara penyiangan dengan tangan, penggunaan alat mekanis, dan penyemprotan herbisida. Formulasi atau nama dagang herbisida yang tersedia di pasaran cukup beragam. Pemilihan dan penggunaan herbisida bergantung pada jenis gulma di pertanaman. Penggunaan herbisida secara berlebihan akan merusak lingkungan. Untuk menekan atau meniadakan dampak negatif penggunaan herbisida terhadap lingkungan, penggunaannya perlu dibatasi dengan memadukan dengan cara pengendalian lainnya.

GULMA DAN ALLELOPATI

Semua tumbuhan pada pertanaman jagung yang tidak dikehendaki keberadaannya dan menimbulkan kerugian disebut gulma. Gulma yang tumbuh pada pertanaman jagung berasal dari biji gulma itu sendiri yang ada di tanah. Jenis-jenis gulma yang mengganggu pertanaman jagung perlu diketahui untuk menentukan cara pengendalian yang sesuai. Selain jenis gulma, persaingan antara tanaman dan gulma perlu pula dipahami, terutama dalam kaitan dengan waktu pengendalian yang tepat. Jenis gulma tertentu juga perlu diperhatikan karena dapat mengeluarkan senyawa allelopati yang meracuni tanaman.

Tanah sebagai Bank Biji Gulma

Kehadiran gulma pada pertanaman jagung berkaitan dengan deposit biji gulma dalam tanah. Biji gulma dapat tersimpan dan bertahan hidup selama puluhan tahun dalam kondisi dorman, dan akan berkecambah ketika kondisi lingkungan mematahkan dormansi itu. Terangkatnya biji gulma ke lapisan atas permukaan tanah dan tersedianya kelembaban yang sesuai untuk perkecambahan mendorong gulma untuk tumbuh dan berkembang.

Biji spesies gulma setahun (*annual spesies*) dapat bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun sebagai cadangan benih hidup atau *viable seeds* (Melinda *et al.* 1998). Biji gulma yang ditemukan di makam Mesir yang telah berumur ribuan tahun masih dapat menghasilkan kecambah yang sehat. Jumlah biji gulma yang terdapat dalam tanah mencapai ratusan juta biji (Direktorat Jenderal Perkebunan 1976). Karena benih gulma dapat terakumulasi dalam tanah, maka kepadatannya terus meningkat (Kropac 1966). Dengan pengolahan tanah konvensional, perkecambahan benih gulma yang terbenam tertunda, sampai terangkat ke permukaan karena pengolahan tanah. Penelitian selama tujuh tahun mengindikasikan lebih sedikit benih gulma pada petak tanpa olah tanah dibanding petak yang diolah dengan bajak singkal (*moldboard-plow*), biji gulma terkonsentrasi pada kedalaman 5 cm dari lapisan atas tanah (Clements *et al.* 1996).

Pengelompokan Gulma

Jenis gulma tertentu merupakan pesaing tanaman jagung dalam mendapatkan air, hara, dan cahaya. Di Indonesia terdapat 140 jenis gulma berdaun lebar, 36 jenis gulma rumputan, dan 51 jenis gulma teki (Laumonier *et al.* 1986).

Pengelompokan gulma diperlukan untuk memudahkan pengendalian, pengelompokan dapat dilakukan berdasarkan daur hidup, habitat, ekologi,

klasifikasi taksonomi, dan tanggapan terhadap herbisida. Berdasarkan daur hidup dikenal gulma setahun (*annual*) yang hidupnya kurang dari setahun dan gulma tahunan (*perennial*) yang siklus hidupnya lebih dari satu tahun. Berdasarkan habitatnya dikenal gulma daratan (*terrestrial*) dan gulma air (*aquatic*) yang terbagi lagi atas gulma mengapung (*floating*), gulma tenggelam (*submergent*), dan gulma sebagian mengapung dan sebagian tenggelam (*emergent*). Berdasarkan ekologi dikenal gulma sawah, gulma lahan kering, gulma perkebunan, dan gulma rawa atau waduk. Berdasarkan klasifikasi taksonomi dikenal gulma monokotil, gulma dikotil, dan gulma paku-pakuan. Berdasarkan tanggapan pada herbisida, gulma dikelompokkan atas gulma berdaun lebar (*broad leaves*), gulma rumputan (*grasses*), dan gulma teki (*sedges*). Pengelompokan yang terakhir ini banyak digunakan dalam pengendalian secara kimiawi menggunakan herbisida.

Persaingan Tanaman dengan Gulma

Tingkat persaingan antara tanaman dan gulma bergantung pada empat faktor, yaitu stadia pertumbuhan tanaman, kepadatan gulma, tingkat cekaman air dan hara, serta spesies gulma. Jika dibiarkan, gulma berdaun lebar dan rumputan dapat secara nyata menekan pertumbuhan dan perkembangan jagung.

Gulma menyaingi tanaman terutama dalam memperoleh air, hara, dan cahaya. Tanaman jagung sangat peka terhadap tiga faktor ini selama periode kritis antara stadia V3 dan V8, yaitu stadia pertumbuhan jagung di mana daun ke-3 dan ke-8 telah terbentuk. Sebelum stadia V3, gulma hanya mengganggu tanaman jagung jika gulma tersebut lebih besar dari tanaman jagung, atau pada saat tanaman mengalami cekaman kekeringan. Antara stadia V3 dan V8, tanaman jagung membutuhkan periode yang tidak tertekan oleh gulma. Setelah V8 hingga matang, tanaman telah cukup besar sehingga menaungi dan menekan pertumbuhan gulma. Pada stadia lanjut pertumbuhan jagung, gulma dapat mengakibatkan kerugian jika terjadi cekaman air dan hara, atau gulma tumbuh pesat dan menaungi tanaman (Lafitte 1994).

Beberapa jenis gulma tumbuh lebih cepat dan lebih tinggi selama stadia pertumbuhan awal jagung, sehingga tanaman jagung kekurangan cahaya untuk fotosintesis. Gulma yang melilit dan memanjat tanaman jagung dapat menaungi dan menghalangi cahaya pada permukaan daun, sehingga proses fotosintesis terhambat yang pada akhirnya menurunkan hasil.

Di banyak daerah pertanaman jagung, air merupakan faktor pembatas. Kekeringan yang terjadi pada stadia awal pertumbuhan vegetatif dapat mengakibatkan kematian tanaman. Kehadiran gulma pada stadia ini memperburuk kondisi cekaman air selama periode kritis, dua minggu

sebelum dan sesudah pembungaan. Pada saat itu tanaman rentan terhadap persaingan dengan gulma (Violic 2000).

Gulma merupakan pesaing bagi tanaman dalam memperoleh hara. Gulma dapat menyerap nitrogen dan fosfor hingga dua kali, dan kalium hingga tiga kali daya serap tanaman jagung. Pemupukan merangsang vigor gulma sehingga meningkatkan daya saingnya. Nitrogen merupakan hara utama yang menjadi kurang tersedia bagi tanaman jagung karena persaingan dengan gulma. Tanaman yang kekurangan hara nitrogen mudah diketahui melalui warna daun yang pucat. Interaksi positif penyiangan dan pemberian nitrogen umumnya teramati pada pertanaman jagung, di mana waktu pengendalian gulma yang tepat dapat mengoptimalkan penggunaan nitrogen dan hara lainnya serta menghemat penggunaan pupuk (Violic 2000).

Allelopati

Beberapa spesies gulma menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman karena adanya bahan toksik yang dilepaskan dan menekan pertumbuhan jagung. Spesies gulma yang dilaporkan menghasilkan bahan allelopati dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Gulma yang umum dijumpai pada pertanaman jagung yang mengeluarkan senyawa allelopati.

Nama ilmiah	Nama umum
<i>Abutilon theophrasti</i>	Velvetleaf
<i>Agropyron repens</i>	Quackgrass
<i>Amaranthus sp.</i>	Pigweed/Bayam
<i>Ambrosia sp.</i>	Ragweed
<i>Avene fatua</i>	Wild oat
<i>Brassica sp.</i>	Mustard
<i>Chenopodium album</i>	Common lambsquarters
<i>Cynodon dactilon</i>	Bermuda grass/Grintingan
<i>Cyperus esculentus</i>	Yellow nutsedge
<i>Cyperus rotundus</i>	Purple nutsedge/Teki
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Crabgrass/Genjoran
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Barnyardgrass/Padi burung
<i>Helianthus annuus</i>	Sunflower/Bunga matahari
<i>Imperata cylindrical</i>	Speargrass/Alang-alang
<i>Poa sp.</i>	Bluegrass
<i>Portulaca oleracea</i>	Common purslane/Gelang
<i>Rattboelia exaltata</i>	Itchy grass/Branjangan
<i>Setaria faberi</i>	Giant foxtail
<i>Sorghum helepense</i>	Johnsongrass

Sumber: Duke (1985) dalam Lafitte (1994), Laumonier *et al.* (1986).

Allelopati merupakan senyawa biokimia yang dihasilkan dan dilepaskan gulma ke dalam tanah dan menghambat pertumbuhan jagung. Senyawa tersebut masuk ke dalam lingkungan tumbuh tanaman sebagai sekresi dan hasil pencucian dari akar dan daun gulma yang hidup dan mati dan pembusukan vegetasi. Senyawa allelopati menghambat perkecambahan benih tanaman, dan menghambat perpanjangan akar sehingga menyebabkan kekacauan seluler dalam akar (Anderson 1977 *dalam* Violic 2000).

PENGENDALIAN

Keberhasilan pengendalian gulma merupakan salah satu faktor penentu tercapainya tingkat hasil jagung yang tinggi. Gulma dapat dikendalikan melalui berbagai aturan dan karantina; secara biologi dengan menggunakan organisme hidup; secara fisik dengan membakar dan menggenangi, melalui budi daya dengan pergiliran tanaman, peningkatan daya saing dan penggunaan mulsa; secara mekanis dengan mencabut, membatat, menginjak, menyang dengan tangan, dan mengolah tanah dengan alat mekanis bermesin dan nonmesin, secara kimiawi menggunakan herbisida. Gulma pada pertanaman jagung umumnya dikendalikan dengan cara mekanis dan kimiawi. Pengendalian gulma secara kimiawi berpotensi merusak lingkungan sehingga perlu dibatasi melalui pemaduan dengan cara pengendalian lainnya.

Pengendalian secara Mekanis

Secara tradisional petani mengendalikan gulma dengan pengolahan tanah konvensional dan penyiangan dengan tangan. Pengolahan tanah konvensional dilakukan dengan membajak, menyisir dan meratakan tanah, menggunakan tenaga ternak dan mesin. Untuk menghemat biaya, pada pertanaman kedua petani tidak mengolah tanah. Sebagian petani bahkan tidak mengolah tanah sama sekali. Lahan disiapkan dengan mematikan gulma menggunakan herbisida. Pada usahatani jagung yang menerapkan sistem olah tanah konservasi, pengolahan tanah banyak dikurangi, atau bahkan dihilangkan sama sekali. Pada tanah Podzolik Merah Kuning (PMK) Lampung, hasil jagung tanpa olah tanah masih tetap tinggi hingga musim tanam ke-10 (Utomo 1997).

Pembajakan dan penggaruan dapat secara berangsur dikurangi dan diganti dengan penggunaan herbisida atau pengelolaan mulsa dari sisa tanaman dan gulma dalam sistem pengolahan tanah konservasi. Ketersediaan herbisida juga memungkinkan pemanfaatan lahan marginal dan

lahan miring yang bersifat sangat rapuh terhadap pengolahan tanah konvensional. Penggunaan herbisida memungkinkan penanaman jagung langsung pada barisan tanaman tanpa olah tanah.

Pada tanah Inceptisol Wolangi yang bertekstur liat (Tabel 2), gulma pada pertanaman tanpa olah tanah lebih sedikit daripada yang diolah secara konvensional, yang tercermin dari bobot gulma yang lebih ringan. Pada tanah Ultisol Bulukumba yang bertekstur lempung berdebu, 21 hari setelah tanam yaitu menjelang penyiangan pertama, gulma pada petak tanpa olah tanah lebih sedikit dibanding pada petak yang diolah secara konvensional. Sebelum penanaman jagung, gulma di petak tanpa olah tanah dikendalikan dengan penyemprotan herbisida, sedang di petak olah tanah konvensional, dikendalikan dengan pengolahan tanah. Pada 42 hari setelah tanam, yaitu menjelang penyiangan kedua, dan menjelang panen, jumlah gulma hampir sama di kedua petak (Fadhly *et al.* 2004). Menurut Roberts dan Neilson (1981) serta Schreiber (1992), jumlah benih gulma berkurang jika pengendaliannya menggunakan herbisida.

Gulma pada 42 hari setelah tanam, yaitu menjelang penyiangan kedua, dan menjelang panen, jumlahnya hampir sama pada petak tanpa olah tanah dengan petak yang diolah secara konvensional. Pengendalian gulma dengan penyiangan menggunakan sabit, cangkul, dan alat mekanis nonmesin membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang tinggi. Untuk penyiangan dengan tangan seluas 1 ha lahan pertanaman jagung setidaknya dibutuhkan 15 hari orang kerja (Violic 2000). Penyiangan gulma dengan tangan menyerap 35-70% tenaga yang dibutuhkan dalam proses produksi (Ranson 1990). Penggunaan herbisida merupakan salah satu cara mengatasi masalah gulma. Herbisida membuka peluang bagi modifikasi cara penyiapan lahan konvensional yang menerapkan olah tanah intensif.

Tabel 2. Bobot gulma tanaman jagung tanpa olah tanah pada tanah Inceptisol bertekstur liat Wolangi, Kabupaten Bone.

Cara penyiapan lahan	Bobot kering gulma (g/m ²)	
	42 hari setelah tanam	menjelang panen
Tanpa olah tanah	6,0	4,7
Olah tanah minimum	2,6	7,8
Olah tanah konvensional	11,6	23,8

Sumber: Efendi *et al.* (2004).

Pengendalian dengan Herbisida

Herbisida memiliki efektivitas yang beragam. Berdasarkan cara kerjanya, herbisida kontak mematikan bagian tumbuhan yang terkena herbisida, dan herbisida sistemik mematikan setelah diserap dan ditranslokasikan ke seluruh bagian gulma. Menurut jenis gulma yang dimatikan ada herbisida selektif yang mematikan gulma tertentu atau spektrum sempit, dan herbisida nonselektif yang mematikan banyak jenis gulma atau spektrum lebar.

Sulitnya mendapatkan tenaga kerja dan mahalnya pengendalian gulma secara mekanis membuat bisnis herbisida berkembang pesat. Direktorat Sarana Produksi (2006) telah mendaftarkan 40 golongan, 80 bahan aktif, dan 374 formulasi herbisida (Tabel 3).

Bahan aktif herbisida yang penting untuk pertanaman jagung adalah glifosat, paraquat, 2,4-D, ametrin, dikamba, atrazin, pendimetalin, metolaklor, dan sianazin. Bahan aktif herbisida tidak banyak mengalami peningkatan, tetapi yang bertambah adalah formulasi atau nama dagang herbisida (Tabel 4).

Herbisida berbahan aktif glifosat, paraquat, dan 2,4-D banyak digunakan petani, sehingga banyak formulasi yang menggunakan bahan aktif tersebut. Glifosat yang disemprotkan ke daun efektif mengendalikan gulma rumputan tahunan dan gulma berdaun lebar tahunan, gulma rumput setahun, dan gulma berdaun lebar. Senyawa glifosat sangat mobil, ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman ketika diaplikasi pada daun, dan cepat terurai dalam tanah. Gejala keracunan berkembang lambat dan terlihat 1-3 minggu setelah aplikasi (Klingman *et al.* 1975).

Herbisida pascatumbuh yang cukup luas penggunaannya untuk mengendalikan gulma pada pertanaman jagung adalah paraquat (*1,1-dimethyl-4,4 bipyridinium*) yang merupakan herbisida kontak nonselektif. Setelah penetrasi ke dalam daun atau bagian lain yang hijau, bila terkena sinar matahari, molekul herbisida ini bereaksi menghasilkan hidrogen peroksida yang merusak membran sel dan seluruh organ tanaman, sehingga tanaman seperti terbakar. Herbisida ini baik digunakan untuk mengendalikan gulma golongan rumputan dan berdaun lebar. Paraquat merupakan herbisida kontak dan menjadi tidak aktif bila bersentuhan dengan tanah. Paraquat tidak ditranslokasikan ke titik tumbuh, residunya tidak tertimbun dalam tanah, dan tidak diserap oleh akar tanaman (Tjitrosedirdjo *et al.* 1984).

Herbisida 2,4-D digunakan untuk mengendalikan gulma berdaun lebar setahun dan tahunan, melalui akar dan daun. Aplikasinya mengakibatkan gulma berdaun lebar melengkung dan terpuntir. Senyawa 2,4-D terkonsentrasi dalam embrio muda atau jaringan meristem yang sedang tumbuh (Klingman *et al.* 1975).

Tabel 3. Golongan, bahan aktif, dan jumlah formulasi herbisida yang terdaftar pada Direktorat Sarana Produksi, 2006.

Golongan	Bahan aktif	Jumlah formulasi
Asetamina	Butaklor	1
	Propanil	1
Asam benzoat	IPA dikamba	1
Benzotiadiazol	Bentazon	1
Benzilat	Flufenaset	2
	Monoetanolamina glifosat	1
	Triklopir	1
	Triklopir butoksi ethyl ester	1
Bipiridilium	Parakuat diklorida	13
Difenil eter, trifluoremetil	Oksiflurfen	6
Dinitro-anilin	Pendimetalin	1
Fenoksi	Asam 2,4 D	1
	2,4-D butil ester	3
	2,4-D dimetil amina	61
	2,4-D IBE	6
	2,4-D iso propil amina	10
	2,4-D natrium	1
	2,4-D tri-iso-propanol amina	1
	Butil sihalotop	1
	Fenoksaprop-p-etil	1
	Fluazitop-p-butyl	1
	Kalium MCPA	2
Fiprate	Etiprol	2
Glisin	Amonium glifosat	1
	Amonium glufosinat	1
	Diamonium glifosat	1
	Dimetil amina glifosat	11
	Glifosat	1
	Iso propil amina glifosat	128
	Kalium glifosat	2
	Monoamonium glifosat	1
	Sulfosat	1
	Imazapik	1
Imidazolinon	Imazapir	3
	Imazetapir	2
	Klomazon	1
Isoksazolidin	Metolaklor	1
Kloroasetanilida	Etil kuizalotop	1
Kuinoksalin; Fenoksi	Kuinklorak	2
Kuinolin	Oksadiargil	2
Oksadiazol	Okzadiazon	1
	Piperofos	1
Piperidin	Floroksipir 1-MHE	2
Piridin	Pikloram	2
	Natrium trifloksisulfuron	1
Pirimidin	Etoksisulfuron	1
Sulfonamid pirimidin	Penoksulam	1
Sikloneksanesion oksim	Protoksidim	1
Sikloheksen	Setosidim	1

Tabel 3. Lanjutan.

Golongan	Bahan aktif	Jumlah formulasi
Sulfonilurea	Sinosulfuron	1
Tiokarbamat	Tiobenkarb	2
Triazin	Ametrin	16
	Atrazin	1
	Heksazinon	1
	Metribuzin	2
Triazol	Sulfentrazon	1
Urasil	Bromacil	1
Urea	Diuron	16
	Siklosulfamuron	1
	Tebutiuron	1
Urea, triazin	Metil metsulfuron	19
Sulfonil urea	Bentasulfuron metal	3
	Etil klorimuron	2
	Etil pirazosulfuron	1
	Triasulfuron	2
Triazin	Sianazin	1
Triazolinon	Etil karfentrazon	1

Sumber: Direktorat Sarana Produksi (2006).

Populasi gulma mudah berubah karena perubahan tanaman yang diusahakan dan herbisida yang digunakan dari satu musim ke musim lainnya (Francis and Clegg 1990). Perubahan jenis gulma dapat berimplikasi pada perlunya perubahan herbisida yang digunakan untuk pengendalian. Pertimbangan utama pemilihan herbisida adalah kandungan bahan aktif untuk membunuh gulma yang tumbuh di areal pertanaman. Tabel 5 menunjukkan selektivitas daya bunuh herbisida pada pertanaman berbasis jagung.

Jenis bahan aktif dan takaran herbisida untuk mengendalikan gulma disajikan dalam Tabel 6. Takaran herbisida meningkat jika kondisi penggunaannya kurang mendukung, misalnya hujan turun setelah aplikasi atau daun gulma berlapis lilin. Dalam hal ini perlu digunakan perekat/perata (*surfactant*) dengan takaran 0,1-0,5% volume/volume (Tasistro 1991).

Tabel 7 dan 8 menunjukkan jenis gulma yang dapat dikendalikan oleh herbisida tertentu dan waktu penggunaannya. Glifosat efektif mengendalikan gulma rumputan, dan pencampuran glifosat dengan 2,4-D atau dengan dikamba diperlukan agar gulma berdaun lebar juga dapat dikendalikan. Kehadiran gulma tertentu pada pertanaman jagung meng-haruskan pencampuran herbisida tertentu, misalnya 2,4-D + dikamba atau 2,4-D + paraquat.

Tabel 4. Takaran bahan aktif dan formulasi herbisida penting untuk pengendalian gulma pada pertanaman jagung.

Bahan (takaran, kg bahan aktif/ha)	Nama dagang
2,4-D amin (0,7-1,2)	Agristar D200/100 EC, Agromin 865 AS, Aladin 865 AS, Amcomin 865 AS, Amandy 865 AS, Andall 865 AS, Bandite 865 SL, Baton 865 AS, Bigstar 240/120 EC, Breeze 270/129 AS, Burnout 120/120 AS, Charge 240/120 SL, Combistar 240/120 SL, Cyclon 290 AS, Dacomin 865 SL, Damin 875 SL, Determin 865 SL, Dikamin 720 SL, DMA-6, Fizz 575 AS, Galamin 865 AS, Gerhana 865 AS, Glidamin 300/100 AS, Godam 520 AS, Grasstar 865 SL, Hedonal 818 L, Herbamin 865 AS, Herbicon 240/120 AS, Indamin 720 HC, Komodor 300/100 AS, Keris 520 AS, Knockout 240 AS, Kombat 360 AS, Lantern 270/120 AS, Lindomin 865 AS, Marvel 865 SL, Masstar 240/120 AS, Maxitol 865 WSC, Minda 720 SL, Otomin 865 AS, Pastap 240/120 AS, Polado 240/105 AS, Polystar 240/120 SL, Posamin 300/100 SL, Promin 865 SL, Rhodiamine 720 WSC, Rumat 300/100 SL, Satdmam 300/100 SL, Shellahmine, Sidamin 865 SL, Sidastar 300/100 SL, Sikatin 865 AS, Smash Up 530 SL, Solusi 865 AS, Star 320 AS, Starmin 865 AS, Supracon 240/120 AS, Tessa 865 SL, Tillmaster 240/120 AS, Tordon 101, Tufordi 865 AS, Tuntas 300/100 AS, Tupormin 865 AS, Tuwal 865 AS, U-Empat Enam 720 WSC, Vulgar 865 AS, Weedrol 720 SL, Weedamin 865 AS, Wiper 865 AS, Wuz 433 AS
2,4-D ester (0,4-0,8)	Rumputok 45 WP, Rumtox 45 WP, Topbe 45 WP
Glifosat (0,54-0,9)	Amiphosate 480 SL, Ammosat 125 AS, Asset 190 AS, Audit 480 AS, Babat 210 SL, Badai 160 AS, Basmilang 480 AS, Basmitas 480 SL, Best-up 480 SL, Benup 480 AS, Bigstar 240/120 AS, Bimastar 240/120 AS, Bionasa 75 WSG, Bionasa 480 AS, Biosat 480 AS, Biosorb 564 AS, Bio Up 490 SL, BM-Vefosate 480 SL, Breeze 270/120 AS, Brown Up 490 SL, Burndown 160 AS, Bush Up 440 SL, Charge 240/120 SL, Clearout 480 AS, Combistar 240/120 SL, Crash 480 AS, Destroyer 240 AS, Dryup 480 AS, Eagel IPA 480 AS, Elang 480 AS, Elnino 240 AS, Geledok 480 AS, Gempur 480 AS, Gerosin 480 AS, Gilas 130 AS, Grand Up 480 SL, Grasso 480 SL, Grasstin 480 SL, Glidamin 300/1000 AS, Glitop 480 AS, Hatchet 480 AS, Herbicon 240/120 AS, Herbisal 480 AS, Index 228 AS, Indofos 480 AS, Kleenaup 480 AS, Knockout 240 AS, Komando 240 AS, Kombat 360 AS, Komodor 300/100 AS, Konup 76 SG, Konup 480 SL, Laris 250 SL, Latern 270/120 AS, Lindas 240 AS, Line Up 480 SL, Mamba 480 SL, Massrar 240/120 AS, Master 456 AS, Mastup 480 AS, Maximus 650 WSC, Mortir 160 SL, Nikitop 160 AS, Noriss 240 AS, Nufaris 240 AS, Nufosat 480 AS, Pangkas 400 SL, Pastap 240/120 AS, Pantom 200 AS, Partner 240 AS, Pelita 480 AS, Petir 480 AS, Pilar Up 480 SL, Pilarsato 480 AS, Polado 240/105 AS, Polaris 200/8 AS, Polmax 205 AS, Polmas 245 SL, Polmax 240 AS, Polystar 240/120 SL, Posamin 300/100 SL, Posat 480

Tabel 4. Lanjutan.

Bahan (takaran, kg bahan aktif/ha)	Nama dagang
	AS, Prima Up 480 AS, Proris 240 AS, Puma 160 AS, Pumaris 240 AS, Rambo 480 AS, Ranger 240 AS, Razor 240 AS, Realup 480 AS, Reuter 240 AS, Ridox 480 SL, Ristop 240 AS, Rodap 480 SL, Roll-up 480 SL, Roundup 486 AS, Rumat 300/100 SL, Sandoup 480 AS, Sanstar 480 SL, Santaris 240 SL, Sapurata 75,5 WSG, Satdmam 300/100 SL, Scout 180/22 AC, Seetop 525 SL, Sidafos 480 SL, Sidalaris 240 AS, Sidaup 490 SL, Sidastar 300/100 SL, Sistemik 240 AS, Sidatop 166 SL, Slash 75 WSG, Slash 480 AS, Slayer 205 AS, Smart 480 AS, Spartak 240 AS, Special 240 AS, Speedup 480 AS, Sprag 160 AS, Staris 240 AS, Startop 160 AS, Staris 240 AS, Startop 160 AS, Sting 160 AS, Sunup 480 AS, Supra 615 AS, Supracon 240/120 AS, Supremo 480 AS, Swanup 480 AS, Sweep 480 SL, Sweeper 480 AS, Tackle 75/180 AS, Tamaris 240 SL, Tanistar 160 AS, Taniup 480 AS, Tillmaster 240/120 AS, Titanic 160 AS, Topstar 50/300 EW, Touchup 480 AS, Tuntas 300/100 AS, Typhoon 240 AS, Voting 166 SL, Voting 166 SL, Wallop 240/110 SL, Weedall 375 SL, Winnercon 160 AS, Wrapup 480 AS, Zaparis 240 AS
Parakuat (0,2-0,4)	Bravoxone 276 SL, Gramaquat 282 SL, Gramoxone, Gramaxone S, Herbatop 276 AS, Kingquat 280 SL, Noxone 297 AAS, Nuquat 276 SL, Para-Col, Paratop 276 SL, Supretox 276 AS, Tridaxone 276 SL, Zenus 276 SL
Dikamba (0,24-0,36)	Banvel 480 AC, Wallop 240/110 WSG
Ametrin	Akotrin 80 WP, Almarin 80 WP, Almarin 500 EC, Amegrass 500 EC, Amegrass 80 WP, Amexone 500 F, Amexone 80 WP, Baron 500 SC, Baron 80 WP, Gesapax 500 F, Gesapax 80 WG, Gesapax WP, Kresnatop 500 SC, Krismat 75 WG, Mebatrin 80 WP, Tarnat 80 WP
Atrazin	Gesaprim 80 WP
Pendimetalin	Prowl 330 EC
Metolaklor	Dual 500 EC
Siamazin	Cypro 90 WG

Sumber: Direktorat Sarana Produksi (2006)

Tabel 5. Selektivitas beberapa herbisida penting yang digunakan pada pertanaman berbasis jagung.

Bahan aktif herbisida	Gulma yang terkendali	Gulma yang tidak terkendali
2,4-D	Banyak gulma daun lebar setahun. Takaran tinggi dapat digunakan untuk <i>Cyperus</i> sp.	Banyak gulma rumputan setahun dan tahunan
Glifosat	Kebanyakan gulma setahun dan tahunan, termasuk teki dan alang-alang	Gulma berumbi memerlukan perlakuan tambahan. Gulma hendaknya sedang dalam pertumbuhan ketika herbisida diaplikasi
Parakuat	Kebanyakan gulma daun lebar dan rumputan	Gulma tahunan
Dikamba	Banyak gulma daun lebar setahun	Kebanyakan gulma tahunan
Pendimetalin	Banyak gulma daun lebar dan rumputan	Kebanyakan gulma tahunan
Metolaklor	Kebanyakan gulma daun lebar dan rumputan	Kebanyakan gulma tahunan dan banyak gulma daun lebar

Sumber: Lafitte (1994).

Tabel 6. Jenis dan takaran herbisida untuk pengendalian gulma pada pertanaman jagung.

Herbisida tunggal		Campuran dalam tangki	
bahan aktif	kg ba/ha	bahan aktif	kg ba/ha
2,4-D amin	0,7-1,2	2,4-D amin + Glifosat	(0,7-1,2) + (0,36-0,63)
2,4-D ester	0,4-0,8	2,4-D ester + Glifosat	(0,4-0,8) + (0,36-0,63)
Glifosat	0,54-0,9	Dikamba + Glifosat	(0,24-0,36) + (0,36-0,54)
Parakuat	0,2-0,4	2,4-D amin + Dikamba	(0,7-1,2) + (0,24 + 0,36)
Dikamba	0,24-0,36	-	-

Sumber: Violic (2000).

Tabel 7. Pedoman pemilihan herbisida berdasarkan komposisi gulma dominan pada pertanaman jagung tanpa olah tanah.

Herbisida	Gulma dominan					
	Setahun			Tahunan		
	Daun lebar	Rumputan	Campuran	Daun lebar	Rumputan	Campuran
2,4-D amin	+	-	-	+	-	-
2,4-D ester	+	-	-	+	-	-
Glifosat	+	+	+	+	+	+
Parakuat	+	+	+	-	-	-
Dikamba	+	-	-	+	-	-

+ = terkendali - = tidak terkendali

Sumber: Tasistro (1991).

Tabel 8. Herbisida yang dianjurkan untuk pengendalian gulma pada pertanaman jagung.

Penggunaan	Herbisida: bahan aktif dan gulma yang terkendali
Sebelum berkecambah	
Bahan aktif tunggal	Atrazin (S), metolaklor (S), pendimetalin, simazin (S), 2,4-D (BL)
Campuran	Atrazin + metolaklor, atrazin + simazin
Setelah berkecambah	
Bahan aktif tunggal	Atrazin (S), bentazon (S), sianazin (S), 2,4-D amin (S)
Campuran	Atrazin + metolaklor, atrazin + simazin
Penyemprotan langsung setelah berkecambah	
Bahan aktif tunggal	Ametrin (S), 2,4-D amin (DL), parakuat (K)
Tanpa olah tanah	
Sebelum tanam	Parakuat (K), glifosat (TS), 2,4-D (DL), pendimetalin (S), atrazin (S), simazin (S)
Sebelum berkecambah	Parakuat (K), glifosat (TS), 2,4-D (DL), pendimetalin (S), atrazin (S), simazin (S)
Setelah berkecambah	Atrazin (S), bentazon (S), 2,4-D amina (DL), atrazin + metolaklor, atrazin + simazin

DL = daun lebar; DS = daun sempit; S selektif untuk jagung; TS = tidak selektif;
K = kontak

Sumber: Violic (2000)

Pengendalian secara Terpadu

Kepedulian terhadap lingkungan melahirkan sistem pengelolaan terpadu gulma yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mempelajari interaksi antara tanaman dan gulma, terutama kemampuan persaingan relatif dari tanaman selama berbagai fase perkembangan gulma. Pengelolaan gulma harus dipadukan dengan aspek budi daya, termasuk pengolahan tanah, pergiliran tanaman, dan pengendalian gulma itu sendiri.

Pengelolaan gulma terpadu merupakan konsep yang mengutamakan pengendalian secara alami dengan menciptakan keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan bagi perkembangan gulma dan meningkatkan daya saing tanaman terhadap gulma. Ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian dalam pengendalian secara terpadu: (1) pengendalian gulma secara langsung dilakukan dengan cara fisik, kimia, dan biologi, dan secara tidak langsung melalui peningkatan daya saing tanaman melalui perbaikan teknik budi daya, (2) memadukan cara-cara pengendalian tersebut, dan (3) analisis ekonomi praktek pengendalian gulma (Rizal 2004).

Pengelolaan gulma secara terpadu pada prinsipnya memanipulasi faktor pertanian sehingga lebih menguntungkan bagi tanaman. Populasi jagung yang tinggi, misalnya, dapat menekan pertumbuhan gulma. Tollenar *et al.* (1994) secara kuantitatif menyimpulkan pengaruh kepadatan tanaman jagung terhadap gulma selama daur pertumbuhan: (i) gangguan gulma selama pertumbuhan jagung menjadi kecil jika gulma disingkirkan hingga stadia 3-4 helai daun jagung, (ii) pada saat kepadatan tanaman jagung meningkat dari 4 menjadi 10 tanaman/m², biomas gulma menurun hingga 50%.

Pada tanah Inceptisol, Wolangi, Kabupaten Bone, pengendalian gulma secara terpadu dengan alat mekanis dan herbisida tidak nyata dalam perolehan hasil jagung (Efendi *et al.* 2004). Hal yang sama terlihat pada Ultisol, Bulukumba (Tabel 9).

Penggunaan alat mekanis IRRI-MR 7 pada 21 hari setelah tanam (HST) yang dipadukan dengan penyemprotan herbisida pada 42 HST mengendalikan gulma cukup baik dengan hasil yang sama dengan penyiangan dengan tangan dua kali atau penyemprotan herbisida dua kali.

Pengelolaan gulma secara terpadu mengkombinasikan efektivitas dan efisiensi ekonomi. Jika penggunaan herbisida dikurangi maka pengolahan tanah setelah tanam diperlukan (Buchler *et al.* 1995). Pengolahan tanah dapat mencegah perkembangan resistensi populasi gulma terhadap herbisida, mengurangi ketergantungan terhadap herbisida, dan menunda atau mencegah peningkatan spesies gulma tahunan yang sering menyertai dan timbul bersamaan dengan pengolahan konservasi (Staniforth and Wiese 1985). Pada saat penggunaan herbisida diminimalkan atau dikurangi, pengolahan tanah setelah tanam diperlukan untuk mengendalikan gulma (Buchholtz and Doersch 1968). Mengurangi pengolahan tanah lebih efisien dalam penggunaan energi daripada mengurangi penggunaan herbisida (Clements *et al.* 1995).

Tabel 9. Bobot gulma dan hasil jagung dengan tiga cara pengendalian gulma pada tanah Ultisol bertekstur lempung berdebu di Bulukumba.

Cara pengendalian gulma	Bobot gulma (g/m ²)			Hasil biji (t/ha)
	21 hari setelah tanam	42 hari setelah tanam	Menjelang panen	
Penyiangan tangan 2 kali	25,4	28,7	87,8	6,4
IRRI-MR7 + herbisida	26,0	41,6	116,8	6,6
Herbisida 2 kali	24,3	11,6	14,1	6,8

Sumber: Fadhly *et al.* (2004).

DAFTAR PUSTAKA

- Akil, M., M. Rauf, I.U. Firmansyah, Syafruddin, Faesal, R. Efendi, dan A. Kamaruddin. 2005. Teknologi budi daya jagung untuk pangan dan pakan yang efisien dan berkelanjutan pada lahan marjinal. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, p.15-23.
- Buchholtz, K.P. and R.E. Doersch. 1968. Cultivation and herbicides for weed control in corn. *Weed Sci.* 16:232-234.
- Buchler, D.B., J.D. Doll, R.T. Proost, and M.R. Visocky. 1995. Integrating mechanical weeding with reduce herbicide use in conservation tillage corn production systems. *Agron. J.* 87:507-512.
- Clay, A.S. and I. Aquilar. 1998. Weed seedbanks and corn growth following continous corn or alfalfa. *Agron. J.* 90:813-818.
- Clements, D.R., D.L. Benoit, S.D. Murphy, and C.J. Swanton. 1996. Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Sci.* 44:314-322.
- Clements, D.R., S.F.Wiese, R. Brown, D.P. Stonehouse, D.J. Hume, and C.J. Swanton. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 52:119-128.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 1976. Pedoman pengendalian tumbuh-tumbuhan pengganggu. Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta. 79p.
- Direktorat Sarana Produksi. 2006. Pestisida Terdaftar (Pertanian dan Kehutanan). Direktorat Sarana Produksi, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Jakarta, p.486-494.
- Edwards, C.A. 1987. The concept of integrated systems in lower input/sustainable agriculture. *A. J. Altern. Agric.* 2:148-152.
- Efendi, R. dan A.F. Fadhy. 2004. Pengaruh sistem pengolahan tanah dan pemberian pupuk NPKZn terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Risalah Penelitian Jagung dan Serelaia Lain.* 9:15-22.
- Efendi, R., A.F. Fadhy, M. Akil, dan M. Rauf. 2004. Pengaruh sistem pengolahan tanah dan penyiangan gulma terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Seminar Mingguan.* Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, 26 Maret 2004, 17p.
- Fadhy, A.F., R. Efendi, M. Rauf, dan M. Akil. 2004. Pengaruh cara penyiangan lahan dan pengendalian gulma terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada tanah bertekstur berat. *Seminar Mingguan Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros,* 18 Juni 2004, 14p.

- Francis, C.A. and M.D. Clegg. 1990. Crop rotation in sustainable production systems *In*: C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. Miller and G. House (Eds.). Sustainable agriculture systems. Soil and Water Conservation Society. St Lucie Press, Delray Beach, Florida.
- Klingman, G.C., F.M. Ashton and L.J. Noordhoff. 1975. Weed Science: Principles and Practices. John Wiley & Sons, New York, 431p.
- Kropac, Z. 1966. Estimation of weed seeds in arable soils. *Pedobiologia*. 6:105-128.
- Lafitte, H.R. 1994. Identifying production problems in tropical maize: a field guide. CIMMYT, Mexico, D.F. p.76-84,
- Laumonier, E.K.W., R. Megia and H. Veenstra. 1986. The Seedlings *In*: Soerjani, M., A.I. G. H. Koetermans and G. Tjitrosoepomo (Eds.). Weeds of Rice in Indonesia. Balai Pustaka, Jakarta, p.567-686.
- Melinda, L.H., M.D.K. Owen, and D.D. Bucher. 1998. Effects of crop and weed management on density and vertical distribution of weed seeds in soil. *Agron. J.* 90:793-799.
- Ranson. 1990. Weed control in maize/legume intercrops. *In*: S.R. Waddington, A.F.E. Palmer and O.T. Edje (Eds.). Research Methods for Cereals/Legume Intercropping. Proc. of a Workshop on Research Methods for Cereals? Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Mexico, FD, CIMMYT.
- Rizal, A. 2004. Penentuan kehilangan hasil tanaman akibat gulma. *Dalam*: S. Tjitrosemto, A.S. Tjitrosoedirdjo, dan I. Mawardi (Eds.) Prosiding Konferensi Nasional XVI Himpunan Ilmu Gulma Indonesia, Bogor, 15-17 Juli 2003. 2: 105-118.
- Roberts, H.A. and J.E. Neilson. 1981. Changes in the soil seed banks of four long-term crop/herbicide experiments. *J. Appl. Ecol.* 18:661-668.
- Schreiber, M.M. 1992. Influence of tillage crop rotation, and weed management on giant foxtail (*Setaria faberi*) population dynamics and corn yield. *Weed Sci.* 40:645-653.
- Staniforth, D.W. and A.F. Wiese. 1985. Weed biology and its relationship to weed control in limited tillage systems. *In*: A.F. Wiese (Ed.). Weed Control in Limited Tillage Systems. Weed Sci. Soc. Am. Champaign. IL. p.15-25.
- Tasistro, A. 1991. Selecting herbicide for maize under conventional tillage. *In*: Naize Conservation Tillage. CYMMIT, Lisboa-Mexico, 7:115-121.
- Tjitrosoedirdjo, S., I.H. Utomo dan J. Wiroatmodjo. 1984. Pengelolaan Gulma di Perkebunan. Badan Penerbit Kerjasama Biotrop Bogor dan Gramedia, Bogor, 210 p.

- Tollenaar, M., A.A. Dibo, A. Aquilera, S.F. Weise, and C.J. Swanton. 1994. Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. *Agron. J.* 86:596-601.
- Utomo, M. 1997. Teknologi terapan yang efektif dan efisien melalui sistem olah tanah berkelanjutan untuk tanaman jagung di lahan kering. Makalah Disampaikan pada Pertemuan Upaya Khusus Pengembangan Jagung Hibrida. Dinas Pertanian Tanaman Pangan, Ujung Pandang, 10 p.
- Violic, A.D. 2000. Integrated crop management. *In*: R.L. Paliwal, G. Granados, H.R. Lafitte, A.D. Violic, and J.P. Marathe (Eds.). *Tropical Maize Improvement and Production*. FOA Plant Production and Protection Series, Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome, 28:237-282.
- Widiyati, N., A.F. Fadhly, R. Amir, dan E.O. Momuat. 2001. Sistem pengolahan tanah dan efisiensi pemberian pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*. 5:15-20.

Teknologi Mekanisasi Budi Daya Jagung

A. Hendriadi¹, I.U. Firmansyah², dan M. Aqil²

¹Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong

²Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Pengembangan agroindustri untuk meningkatkan nilai tambah usahatani terus digalakkan. Sejalan dengan itu, peran inovasi teknologi dan kelembagaan makin strategis dalam upaya peningkatan produktivitas dan efisiensi sistem produksi. Pengembangan agroindustri tidak terlepas dari pemanfaatan teknologi mekanisasi, baik di dalam maupun luar usahatani. Penumbuhan agroindustri pedesaan yang mandiri dan didukung oleh teknologi mekanisasi merupakan pijakan dalam mewujudkan industri pertanian yang efisien, berdaya saing, dan berkelanjutan.

Hasil penelitian dan perekayasaan teknologi mekanisasi pertanian sudah dikembangkan di berbagai wilayah di Indonesia, namun pemanfaatannya masih lamban karena berkaitan erat dengan sistem usahatani, pranata sosial-budaya, kelembagaan, dan pembangunan wilayah. Permasalahan dan kendala dalam pengembangan mekanisasi pertanian antara lain adalah sempitnya kepemilikan lahan, lemahnya modal usahatani, rendahnya tingkat pendidikan, pengetahuan, dan keterampilan petani, budaya, sistem usahatani yang masih subsisten dan tradisional, belum memadainya prasarana penunjang khususnya jalan ke lokasi usahatani, belum berkembangnya bengkel mekanisasi di pedesaan, belum memadainya kelembagaan penunjang terutama lembaga penyuluhan dan jasa.

Kepemilikan lahan oleh petani umumnya sempit dengan sistem usahatani subsisten dan tradisional (Saragih 1999). Kondisi demikian akan mengurangi efisiensi dan produktivitas kerja alat-mesin pertanian (alsintan). Keterbatasan modal, pendidikan, pengetahuan, keterampilan dan budaya tradisional yang masih kuat juga akan menghambat pengembangan teknologi mekanisasi yang umumnya memerlukan modal, pengetahuan, dan keterampilan yang lebih tinggi. Belum berkembangnya prasarana pertanian, terutama jalan ke lokasi usahatani dan bengkel, mengurangi mobilitas operasi dan produktivitas kerja sehingga efisiensi dan waktu operasi alsintan tidak optimal.

Beragamnya kondisi wilayah, khususnya fisik lahan, sosial-ekonomi petani, prasarana dan kelembagaan penunjang menuntut kehati-hatian dalam menentukan teknologi mekanisasi yang akan diterapkan. Terkait dengan kepemilikan lahan, modal, tingkat pendidikan dan keterampilan,

petani umumnya tidak serta merta dapat menerima teknologi mekanisasi. Pengembangan teknologi mekanisasi tanpa memperhatikan kondisi wilayah dan tidak diikuti oleh perbaikan infrastruktur kelembagaan pendukung, dan sistem usahatani tidak akan memberikan hasil yang optimal.

PENDEKATAN DAN STRATEGI PENGEMBANGAN

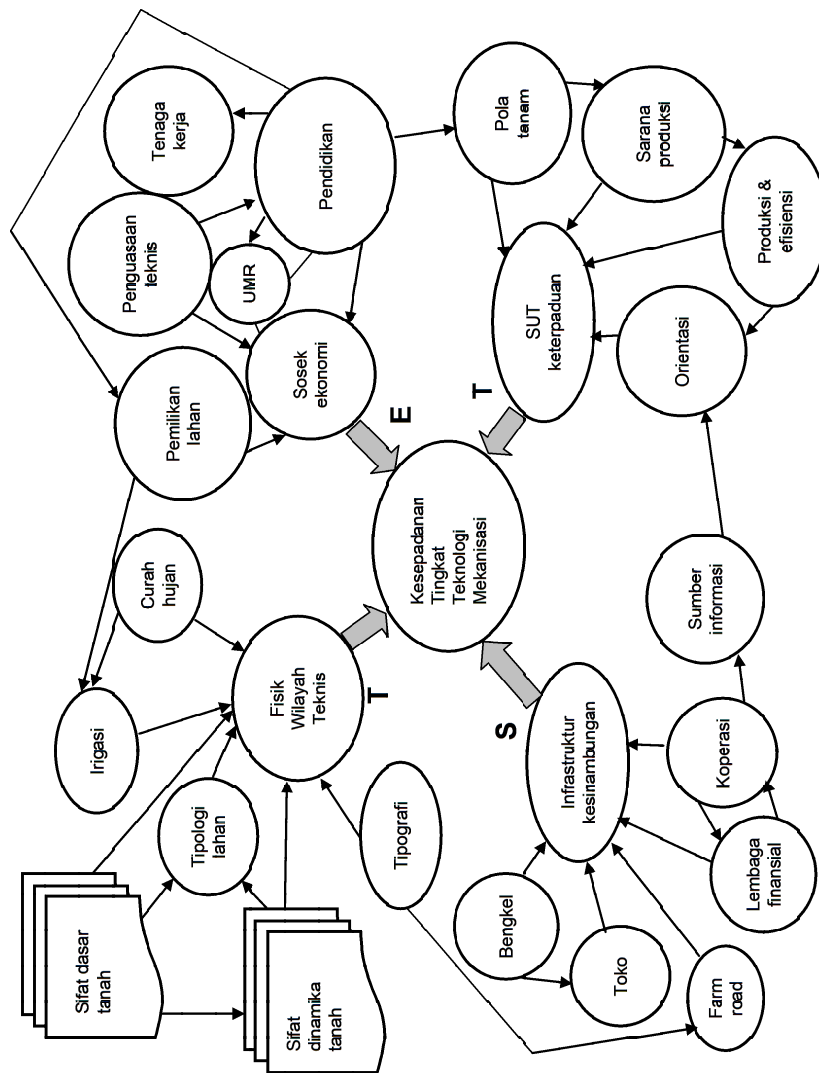
Pergeseran struktur ekonomi dari agraris ke nonagraris ditandai oleh tersedotnya tenaga kerja pertanian ke sektor jasa dan industri yang berakibat makin terbatasnya tenaga kerja di bidang produksi pertanian. Kondisi ini mau tidak mau perlu dipecahkan melalui penerapan teknologi mekanisasi pertanian yang efisien dan sepadan dengan lingkungannya.

Pada tahun 1975 konsep mekanisasi pertanian selektif telah dirintis, di mana penerapan alsintan dilaksanakan secara selektif sesuai dengan kondisi fisik dan sosial ekonomi wilayah. Hendriadi (2005) mengembangkan konsep kesepadanan tingkat teknologi mekanisasi pertanian untuk lahan sawah maupun lahan kering yang diwujudkan dalam Model Mekanisasi Selektif dan Atlas Arahkan untuk Seleksi Tingkat Teknologi Mekanisasi Pertanian. Dasar pemikirannya adalah banyak kasus pengembangan mekanisasi pertanian yang prematur sebelum mencapai stabilitas tertentu, tidak hanya pada wilayah yang belum intensif karena adanya keseragaman kebijakan dan pelaksanaan pengembangan, tetapi juga pada wilayah yang sudah maju, dibiarkan berkembang tanpa pilar pendukung yang kuat.

Klasifikasi tingkat teknologi alsintan ditetapkan berdasarkan empat aspek, yaitu fisik wilayah, sosial ekonomi, infrastruktur pendukung, dan sistem usahatani. Keterkaitan parameter pada masing-masing aspek disajikan pada Gambar 1. Model matrik yang digunakan sebagai penetapan klasifikasi tingkat teknologi yang sepadan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Pendekatan pengembangan tersebut adalah strategi pengembangan selektif dengan pendekatan holistik, progresif, dan partisipatif. Pendekatan holistik mengandung makna bahwa pengembangan mekanisasi pertanian dilakukan dalam suatu sistem yang holistik secara terpadu dan sinergi baik teknologi, prasarana, sistem usahatani, maupun kelembagaan penunjang. Pendekatan progresif berarti pengembangan mekanisasi dilakukan secara proaktif dan bertahap ke arah kemajuan. Partisipatif mengandung makna bahwa pengembangan mekanisasi mengikutsertakan partisipasi aktif petani, pengusaha, dan pemerintah.

Melalui pendekatan tersebut maka tidak hanya teknologi yang sepadan dengan kondisi wilayah yang ditetapkan secara kuantitatif, tetapi juga dapat diidentifikasi upaya yang harus dilakukan untuk mengembangkan teknologi



Gambar 1. Parameter parameter penentu dan keterkaitan satu dan lainnya dalam suatu sistem penerapan teknologi alsintan.

Tabel 1. Model klasifikasi tingkat teknologi alsintan untuk lahan sawah.

Klas	Fisik wilayah (kesesuaian teknis)	Sosial-ekonomi (kelayakan ekonomis)	Infrastruktur (kesinambungan)	Usahatani (keterpaduan sistem)
T4	CI $\geq$ 300 kPa, BD $\geq$ 1 g/ml k, c, ϕ , θ , k_c , k_θ , z mendukung, ada jaringan irigasi, topografi (0-3%), CH > 1800 mm/tahun	Pemilikan lahan $\geq$ 2 ha, tingkat pendidikan $\geq$ SLTP, upah tenaga kerja pertanian $\geq$ UMR, tenaga kerja terbatas, ada penguasaan pengetahuan alsintan	Terdapat bengkel alsintan, toko suku cadang memadai dan mudah diakses, terdapat jalan usahatani, lembaga finansial, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) bekerja baik untuk semua aspek, tersedia sumber informasi teknis.	Penggunaan sarana produksi sesuai dengan ketentuan, IP 2-3, produktifitas dan efisiensi produksi di atas rata rata ($\geq$ 125%), orientasi pasar, melembaga.
T3	CI=250-300 kPa, BD 0.7-1 g/ml, k, c, ϕ , θ , k_c , k_θ , z, ada jaringan irigasi teknis, topografi (3-8%), CH 1400-1800 mm/tahun.	Tingkat pendidikan rata rata $\geq$ SD, upah tenaga kerja $\geq$ UMR, tenaga kerja terbatas untuk kegiatan tertentu, di antara pekerja mempunyai pengetahuan teknis alsintan.	Terdapat bengkel sederhana, toko suku cadang, tetapi tidak pada tingkat usahatani, terdapat jalan usahatani, lembaga finansial terbatas, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) bekerja baik untuk hal tertentu.	Penggunaan sarana produksi sesuai ketentuan, IP 2-3, produktifitas dan efisiensi sedikit di atas rata rata (100-124%), orientasi pasar kurang melembaga.
T2	CI = 100-250 kPa, BD= 0.4– 0.7 g/ml, k, c, ϕ , θ , k_c , k_θ , z, tidak terdapat jaringan irigasi, topografi 8-15%, CH 1000-1400 mm/tahun.	Pemilikan lahan rata rata 0,7-1 ha, tingkat pendidikan rata rata SD, upah tenaga kerja pertanian < UMR, tenaga terbatas hanya untuk kegiatan tertentu di bidang pertanian, keterampilan alsintan kurang.	Tidak terdapat bengkel, toko suku cadang susah didapat, jalan usahatani terbatas, lembaga finansial tidak terjangkau, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) belum bekerja baik.	Penggunaan sarana produksi tidak sesuai ketentuan, IP 1-2, produktifitas dan efisiensi sedikit dibawah rata-rata (75-99%), orientasi pasar tidak melembaga
T1	CI < 100 kPa, BD<0.4 g/ml, k, c, ϕ , θ , k_c , k_θ , z, tidak terdapat jaringan irigasi, topografi tidak mendukung > 15%, CH < 1000 mm/tahun.	Pemilikan lahan rata-rata < 0,7 ha, tingkat pendidikan < SD, upah tenaga kerja pertanian < UMR, tenaga kerja melimpah, keterampilan alsintan hampir tidak ada.	Tidak terdapat bengkel, toko suku cadang tidak tersedia, jalan usahatani tidak ada, lembaga finansial tidak terjangkau, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) belum terbentuk.	Penggunaan sarana produksi tidak sesuai ketentuan, IP 1, produktifitas dan efisiensi sangat rendah ($\leq$ 75%), orientasi pasar tidak melembaga.

Tabel 2. Model klasifikasi tingkat teknologi alsintan untuk lahan kering.

Klas	Fisik wilayah (kesesuaian teknis)	Sosial-ekonomi (kelayakan ekonomis)	Infrastruktur (kesinambungan)	Usahatani (keterpaduan sistem)
T4	Topografi (0-3%), CH > 1800 mm/th	Pemilikan lahan ≥ 2 ha, tingkat pendidikan $\geq$ SLTP, upah tenaga kerja $\geq$ UMR, tenaga kerja terbatas, ada penguasaan pengetahuan alsintan	Terdapat bengkel alsintan, toko suku cadang memadai dan mudah diakses, terdapat jalan usahatani, lembaga finansial, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) bekerja baik untuk semua aspek, sumber informasi teknis tersedia.	Penggunaan sarana produksi sesuai dengan ketentuan, IP 2-3, produktifitas dan efisiensi produksi di atas rata rata ($\geq 125\%$), orientasi pasar melembaga.
T3	Topografi (3-8%), CH 1400-1800 mm/ tahun.	Pemilikan lahan 1-2 ha, tingkat pendidikan rata rata $\geq$ SD, upah tenaga kerja $\geq$ UMR, tenaga kerja terbatas untuk kegiatan tertentu, di antara pekerja mempunyai pengetahuan teknis alsintan	Terdapat bengkel sederhana, dan toko suku cadang, tetapi tidak pada tingkat usahatani, terdapat jalan usahatani, lembaga finansial terbatas, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) bekerja baik untuk hal tertentu.	Penggunaan sarana produksi sesuai ketentuan, IP 2-3, produktifitas dan efisiensi sedikit di atas rata rata (100-124%), orientasi pasar kurang melembaga.
T2	Topografi 8-15%, CH 1000-1400 mm/ tahun.	Pemilikan lahan rata rata 0,7-1 ha, tingkat pendidikan rata-rata SD, upah tenaga kerja < UMR, tenaga terbatas hanya untuk kegiatan tertentu di bidang pertanian, keterampilan alsintan kurang	Tidak terdapat bengkel, toko suku cadang susah didapatkan, jalan usahatani terbatas, lembaga finansial tidak terjangkau, institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) belum bekerja baik.	Penggunaan sarana produksi tidak sesuai ketentuan, IP 1-2, produktifitas dan efisiensi sedikit di bawah rata-rata (75-99%), orientasi pasar tidak melembaga
T1	Topografi tidak mendukung > 15%, CH < 1000 mm/tahun.	Pemilikan lahan rata rata < 0,7 ha, tingkat pendidikan < SD, upah tenaga kerja pertanian < UMR, tenaga kerja melimpah, keterampilan alsintan hampir tidak ada.	Tidak terdapat bengkel, toko suku cadang tidak tersedia, jalan usahatani tidak ada, lembaga finansial tidak terjangkau Institusi penyalur sarana dan hasil (koperasi) belum terbentuk.	Penggunaan sarana produksi tidak sesuai ketentuan, IP 1, produktifitas dan efisiensi sangat rendah (< 75%), orientasi pasar tidak melembaga.

Keterangan:

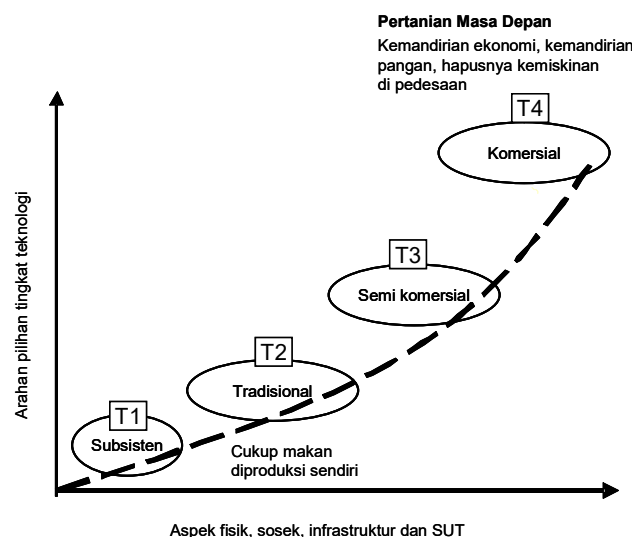
T = Tingkat teknologi, CI = Cone index, kpa = kilo Pascal, BD = Bulk density, K = Permeabilitas,
Kc = Konduktivitas, θ = Kandungan lengas tanah, ϕ = tegangan air tanah, z = Kedalaman, CH = Curah hujan,
SD = Sekolah dasar, SLTP = Sekolah lanjutan tingkat pertama, UMR = Upah minimum regional.
IP = Intensitas pertanaman.

mekanisasi yang lebih tinggi secara berkelanjutan. Pengembangan mekanisasi pertanian dilakukan melalui penelaahan kesepadanan tingkat teknologi serta jenis dan ukuran alsintan disesuaikan dengan kondisi agroekosistem wilayah penerapan, biofisik, sosial-ekonomi, infrastruktur, kelembagaan, dan sistem usahatani (Ruttan and Hamai 1984).

Pada Gambar 2 tampak representasi klasifikasi tingkat teknologi, di mana ordinat Y adalah tingkat teknologi dan ordinat X adalah kondisi fisik, sosial-ekonomi, infrastruktur, dan sistem usahatani yang menentukan tingkat kesepadanan teknologi. Tingkat teknologi sepadan yang diterapkan dapat berkembang pada tingkat yang lebih tinggi dengan perbaikan kondisi fisik, sosial-ekonomi, infrastruktur, dan sistem usahatani.

Strategi selektif dengan pendekatan progresif, selektif, dan partisipatif ini diimplementasikan melalui tahapan berikut:

1. Mengkaji kebutuhan primer teknologi mekanisasi di tingkat petani berdasarkan kondisi agroekosistem wilayah.
2. Memilih teknologi mekanisasi yang sesuai dengan kondisi agroekosistem wilayah, terutama lingkungan usahatani, dan merupakan komplemen tenaga kerja yang ada.
3. Mengembangkan teknik mengakses teknologi mekanisasi yang layak dan menguntungkan petani dan pelaku agribisnis, antara lain dengan pemberian kredit yang mudah dan insentif dalam penyuluhan dan pelatihan.



Gambar 2. Visualisasi definisi tingkatan teknologi mekanisasi sepadan T1, T2, T3 dan T4 (lihat Tabel 1 dan 2).

4. Menumbuhkan sistem industri kecil mekanisasi pertanian, mulai dari fabrikasi alsintan sampai kepada perbengkelan untuk pemeliharaan dan perbaikan.
5. Menumbuhkan infrastuktur usahatani dan membina kelembagaan petani secara partisipatif atas dasar kebutuhan sendiri.

PERAN PEMERINTAH DALAM PENGEMBANGAN MEKANISASI PERTANIAN

Dalam pengembangan mekanisasi pertanian mendukung agroindustri, pemerintah berperan penting dalam memberikan informasi yang jelas tentang teknologi, manfaat, dan dampak dari pengembangan teknologi tersebut. Pada setiap tahapan kegiatan pengembangan, peran dan keterlibatan pemerintah adalah untuk mencari dan memberikan solusi terbaik bagi pengembangan mekanisasi pertanian untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Petani perlu dibangun kemampuannya untuk memilih sendiri teknologi yang terbaik bagi usahatannya.

Dalam upaya akselerasi adopsi teknologi mekanisasi pertanian oleh masyarakat pengguna khususnya petani, maka peran pemerintah lebih diarahkan kepada pendampingan melalui peningkatan kemampuan petani, penyuluh, fasilitasi, dan penguatan infrastruktur pendukung seperti prasarana, kelembagaan usahatani dan penyeimbangan sistem usahatani dengan tingkat teknologi yang diadopsi.

Pemerintah dituntut proaktif dalam promosi pengembangan mekanisasi pertanian dengan melibatkan partisipasi aktif masyarakat secara seimbang, baik petani maupun pelaku agribisnis. Kebijakan ini selanjutnya diwujudkan dalam bentuk pemberian informasi, fasilitasi dan lingkungan yang kondusif bagi keberlanjutan pengembangan mekanisasi pertanian, seperti jalan usahatani, perbengkelan, regulasi, dan kelembagaan.

TEKNOLOGI MEKANISASI DALAM BUDI DAYA JAGUNG

Pengolahan Tanah

Dalam budi daya tanaman, pengolahan tanah merupakan kegiatan yang paling banyak menyerap energi. Pengolahan tanah diperlukan untuk menciptakan lingkungan fisik tanah yang kondusif bagi pertumbuhan tanaman. Oisat (2001) membagi pengolahan tanah menjadi dua bagian, yaitu pengolahan konvensional dan konservasi.

Pengolahan Konvensional

Secara konvensional, pengolahan tanah dilakukan dengan cangkul, bajak, garu, atau peralatan mekanis untuk menyiapkan lahan bagi budi daya tanaman. Keuntungan pengolahan tanah secara konvensional di antaranya adalah memperbaiki aerasi tanah, mengendalikan gulma, memutus siklus hidup hama, dan memudahkan aktivitas budi daya lainnya. Pengolahan tanah secara konvensional juga mempunyai kelemahan, di antaranya merusak struktur permukaan tanah, meningkatkan peluang erosi, dan penguapan lengas tanah, dan membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak.

Pengolahan Konservasi

Pada pengolahan tanah konservasi, sisa tanaman sebelumnya dihamparkan di permukaan tanah. Keuntungan dari cara ini adalah menghambat evaporasi, mengurangi erosi, meningkatkan kandungan bahan organik tanah, dan menekan biaya tenaga kerja (Oisat 2001). Kelemahan dari pengolahan tanah konservasi adalah populasi hama kemungkinan meningkat, bahan organik terkonsentrasi pada lapisan atas tanah, dan membutuhkan waktu yang lama untuk meningkatkan kesuburan tanah. Akhir-akhir ini pengolahan tanah minimum (*minimum tillage*) merupakan salah satu bentuk pengolahan tanah konservasi yang telah banyak diterapkan dalam budi daya jagung.

Alat Pengolah Tanah

Pengolahan tanah umumnya dilakukan dua kali. Pada pengolahan pertama, tanah dicangkul atau dibajak dan dibalik sehingga sisa-sisa tanaman terbenam, dan selanjutnya mengalami pembusukan. Alat yang umum digunakan adalah cangkul, garpu, dan bajak singkal/rotari. Cangkul dan garpu merupakan alat sederhana yang dioperasikan oleh tenaga manusia. Pengolahan tanah dengan cangkul membutuhkan waktu sekitar 44 jam kerja/ha. Bajak singkal dan bajak rotari umumnya digunakan untuk pengolahan pertama. Tenaga penarik bajak dapat berupa traktor tangan berkekuatan 5-10 tenaga kuda (TK), traktor mini (12,5-12 TK), dan traktor besar (30-80 TK). Jumlah bajak yang dapat digandengkan ke traktor bergantung pada sumber tenaga traktor. Traktor tangan biasanya hanya menggunakan satu bajak, traktor mini 1-2 bajak, dan traktor besar 3-8 bajak.

Berbeda dengan bajak singkal, bajak rotari dilengkapi dengan komponen pemutar yang dapat langsung menghancurkan dan meratakan tanah. Namun demikian, kedalaman olah bajak rotari dangkal sehingga lebih cocok digunakan untuk mengolah tanah bertekstur ringan.

Penanaman

Penanaman jagung merupakan kegiatan pembenaman benih ke dalam tanah, dapat dilakukan secara manual atau dengan bantuan alat dan mesin pertanian.

Persyaratan

Agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang secara optimal, cara tanam jagung mempertimbangkan beberapa hal di antaranya kedalaman penempatan benih, populasi tanaman, cara tanam, dan lebar alur/jarak tanam. Kedalaman penempatan benih bervariasi antara 2,5-5 cm, bergantung pada kondisi tanah. Pada tanah yang kering, penempatan benih lebih dalam. Populasi tanaman umumnya bervariasi antara 20.000-200.000 tanaman/ha. Hasil penelitian Subandi *et al.* (2004) menunjukkan bahwa populasi tanaman optimal untuk empat varietas yang diuji (Bisma, Semar-10, Lamuru, dan Sukmaraga) adalah 66.667 tanaman/ha (Tabel 3).

Penempatan benih jagung di tanah adalah pada alur-alur yang dibuat teratur atau benih ditanam dengan jarak teratur dalam alur (*hill drop*) sehingga memungkinkan penyiangan mekanis dua arah. Cara penanaman yang lain adalah sistem *drilling* di mana penanaman dilakukan secara tidak teratur dalam alur-alur yang teratur. Pada sistem ini penyiangan mekanis hanya memungkinkan dilakukan antarlur.

Syarat lain yang perlu diperhatikan agar tanaman dapat berkembang secara optimal adalah jarak tanam. Penentuan jarak tanam jagung dipengaruhi oleh varietas yang ditanam, pola tanam, dan kesuburan tanah. Jarak tanam jagung yang umum digunakan adalah 75 cm x 25 cm, 80 cm x 25 cm, 75 cm x 40 cm, dan 80 cm x 40 cm, dua benih/lubang.

Alat dan Mesin Tanam

Penanaman jagung menggunakan alat bantu, mulai dari yang paling sederhana seperti tugal sampai alat tanam modern yang menggunakan

Tabel 3. Hasil jagung dari empat varietas dengan empat populasi di Tenilo, Gorontalo, 2004.

Populasi (tan/ha)	Hasil biji kering (t/ha)			
	Bisma	Semar-10	Lamuru	Sukmaraga
66.667	8,0	7,3	6,8	5,5
100	6,1	5,6	4,6	4,6
133.333	4,5	5,9	6,5	4,7
200	4,7	5,4	4,5	5,0



Gambar 3. Alat tanam tugal modifikasi model V.
(Subandi *et al.* 2002)

mesin. Alat tersebut mempunyai prinsip yang sama, yaitu memerlukan mekanisme pembuka lubang/alur, peletak, penjatuh benih, dan penutup lubang tanam atau alur.

Peralatan tanam tradisional dan semi mekanis. Penanaman benih jagung yang umum dilakukan petani adalah dengan tugal. Cara ini memerlukan banyak waktu, tenaga, dan melelahkan. Beberapa modifikasi telah dilakukan terhadap alat tanam tugal, di antaranya menghasilkan alat tanam modifikasi model V (Gambar 3). Bagian utama tugal yang dimodifikasi adalah:

- Tangkai kendali
- Kotak benih
- Pengatur pengeluaran benih
- Saluran benih

Mekanisme kerja alat tugal modifikasi ini adalah pada saat ditugalkan ke tanah dan tangkai kendalinya didorong ke depan maka tangkai penguak akan menguak tanah dan sekaligus memberi tanda pada permukaan tanah dan mendorong tuas yang juga menggerakkan papan benih sehingga benih yang ada dalam lubang papan benih akan jatuh ke lubang tegalan di tanah. Apabila alat tanam diangkat, tanah akan terkuak dan menutup kembali dan papan benih akan kembali ke posisi semula. Cara penggunaan alat tanam ini cukup sederhana, cukup dengan memegang tangkai kendali dan menugalkannya ke dalam tanah, kemudian mendorong tangkai kendali ke



Gambar 4. Alat tanam mekanis model ATB1-2R-Balitsereal.

depan secukupnya, lalu mengangkatnya kembali. Kapasitas penugalannya adalah 60 jam/ha, lebih baik dari cara tradisional yang membutuhkan waktu 85 jam/ha.

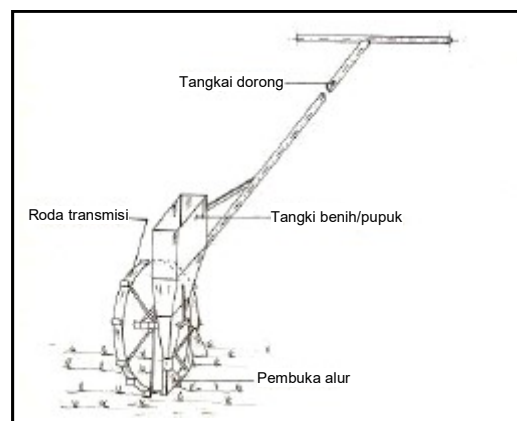
Peralatan tanam mekanis. Seiring dengan meningkatnya penggunaan mesin dalam kegiatan budi daya pertanian secara tidak langsung mendorong peningkatan penggunaan peralatan mekanis. Balai Penelitian Tanaman Sereal (Balitsereal) telah membuat alat tanam mekanis model ATB1-2R-Balitsereal untuk penanaman jagung. Dalam pengoperasiannya, alat ini ditarik traktor tangan 8,5 HP dan dapat dioperasikan pada lahan kering dan lahan sawah tadah hujan. Keunggulan lainnya dari alat ini dapat dioperasikan pada kondisi tanpa olah tanah (TOT) di lahan sawah tadah hujan.

Hasil pengujian pada kondisi TOT di Desa Mandalle, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, menunjukkan alat dapat beroperasi dengan baik. Pengujian dengan 10 ulangan menunjukkan biji tumbuh rata-rata 78,5% dan sisanya tidak tumbuh karena beberapa sebab, di antaranya benih tertimbun gumpalan tanah (8,5%), berjamur (3,7%), dan kosong (0%) (Firmansyah *et al.* 2007). Introduksi alat tanam dalam budi daya jagung ini mampu menekan penggunaan tenaga, dari 8-10 HOK pada penanaman dengan tugal menjadi 2 HOK dengan alsin ATB-2R-Balitsereal.

Mesin tanam jagung tipe empat alur juga telah dikembangkan oleh Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BB-Mektan). Dalam pengoperasiannya, alat ini digandeng dengan traktor tangan 10,5 HP. Kapasitas kerja alat adalah 3-4 jam/ha dengan jumlah 1-2 operator.



Gambar 5. Alat tanam mekanis dengan tenaga penggerak traktor tangan rekayasa BB Mektan.



Gambar 6. Alat pembenam pupuk tipe dorong.

Pemupukan

Pemupukan diperlukan untuk meningkatkan kandungan hara dalam tanah agar tanaman memberikan hasil optimal. Salah satu faktor penting dalam pemupukan tanaman adalah kedalaman penempatan pupuk. Pemberian pupuk dengan cara membenamkan ke dalam tanah memberikan hasil yang lebih tinggi dibanding apabila pupuk diletakkan di atas tanah.

Prinsip dan mekanisme kerja alat pemupuk hampir sama dengan alat tanam, yang terdiri atas komponen pembuka alur, penjatuh pupuk, penutup alur, dan kotak pupuk. Balitsereal telah mengembangkan alat pembenam pupuk tipe dorong untuk lahan kering (Gambar 6). Kapasitas kerja alat

pemupuk tipe dorong tersebut adalah 0,123 ha/jam, lebih tinggi dibanding alat tugal tradisional yang hanya 0,030 ha/jam (Abidin dan Prastowo 1990).

BB-Mektan juga telah membuat alat tanam mekanis untuk pemupukan dan penanaman jagung (Gambar 7). Dalam pengoperasiannya, alat ini digandeng dengan traktor roda empat dapat menanam jagung empat baris sekaligus. Kapasitas kerja alat adalah 0,75-1 ha/jam dengan 1-2 operator.

Alat pemupuk dan tanam prototipe 2 (Gambar 8) tanpa penggerak traktor roda empat merupakan penyempurnaan prototipe 1 (Gambar 7) untuk mengatasi permukaan lahan yang tidak rata. Uji lapang menunjukkan



Gambar 7. Alat pemupuk dan tanam mekanis dengan tenaga penggerak traktor roda empat (prototipe 1) rekayasa BB Mektan.



Gambar 8. Alat pemupukan dan tanam dengan tenaga penggerak traktor roda empat (prototipe 2) rekayasa BB Mektan.

kecepatan kerja alat penanam yang ditarik oleh traktor roda empat maupun roda dua bervariasi antara 1,3-2 km/jam. Jarak penanaman yang dihasilkan rata-rata 40-50 cm dengan jumlah benih yang tertanam dua biji/lubang. Namun demikian, alat ini hanya dapat beroperasi dengan baik apabila pengolahan tanah dilakukan sempurna (Pitoyo dan Sulistyosari 2006).

Penyiangan

Penyiangan gulma memerlukan curahan tenaga kerja yang cukup tinggi karena dilakukan dua kali secara manual dengan bantuan sabit atau cangkul. Kegiatan ini sering menghadapi masalah, terutama daerah yang kekurangan tenaga kerja, sehingga pertanian kurang terawat dan berdampak terhadap penurunan hasil. Untuk lahan seluas 1 ha dibutuhkan 20 hari kerja untuk menyelesaikan penyiangan gulma (Subandi *et al.* 2003). Penggunaan herbisida merupakan salah satu cara pengendalian gulma yang dapat menekan penggunaan tenaga kerja..

Balitsereal telah menghasilkan alsin penyang model IRRI-M7 yang mampu mengefisienkan tenaga dan biaya penyiangan jagung (Gambar 9). Penggunaan alat penyang ini mampu mereduksi kerja penyiangan dari 20 HOK menjadi 1,5 HOK.

BB-Mektan juga telah membuat alat penyang/pendangir tanaman jagung dengan tenaga penggerak motor bensin 6-8 HP (Gambar 10). Hasil



Gambar 9. Alat penyang tanaman jagung Model IRRI M-7.



Gambar 10. Alat penyang/pendangir tanaman jagung.

pengujian di lapangan menunjukkan bahwa alsin pendangir ini mampu beroperasi dengan baik, dengan kapasitas pendangiran 6-7 jam/ha.

Alsin penyang mekanis tersebut mampu mencacah lapisan tanah sedalam 7-12 cm, sehingga akan memperbaiki aerasi dan infiltrasi air di sekitar perakaran tanaman. Gulma yang tercabut dan tercacah akan menjadi sumber bahan organik tanah. Alsin ini juga sesuai diterapkan pada usahatani jagung dengan sistem pengolahan tanah minimum (*minimum tillage*).

Pembumbunan dan Pengairan Tanaman

Jagung termasuk tanaman yang perakarannya dangkal sehingga memungkinkan rebah. Untuk memperkuat perakaran, tanaman jagung perlu dibumbun. Pembumbunan sekaligus berfungsi sebagai media penyalur irigasi dalam bentuk alur-alur, terutama apabila jagung diusahakan pada musim kemarau di mana air tanah sangat terbatas .

Pembumbunan tanaman umumnya dilakukan petani dengan menggunakan cangkul, tanah di sekitar tanaman diambil dengan cangkul dan dipindahkan ke sekitar perakaran tanaman. Cara pembumbunan seperti ini efektif memperkuat perakaran tanaman. Ditinjau dari produktivitas kerja, kegiatan pembumbunan konvensional ini sangat melelahkan dan berbiaya tinggi, untuk membumbun lahan seluas 1 ha diperlukan waktu 176 jam. Kalau diasumsikan kapasitas kerja petani 8 jam/hari, maka diperlukan waktu 21 hari untuk pembumbunan (Aqil *et al.* 2004). Selain itu, kedalaman pembumbunan dengan cangkul hanya 9-10 cm, sehingga pengairan yang

diberikan melimpas di atas alur dan menggenangi seluruh lahan. Cara ini tentu tidak efisien dalam penggunaan air. Hasil penelitian Balitsereal pada tahun 2002 menunjukkan efisiensi irigasi oleh petani hanya 46%.

Dalam upaya perbaikan sistem pembumbunan dan pengairan di tingkat petani telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat pembuat alur irigasi/pembumbun model PAI-M1 dan PAI-M2 (Gambar 11). Perbandingan kinerja alat yang dibuat dengan pembumbunan menggunakan cangkul atau bajak singkal yang ditarik ternak disajikan pada Tabel 4. Ditinjau dari kapasitas kerja, lebar dan kedalaman bumbun, maka alat pembuat alur lebih efektif dibandingkan menggunakan cangkul atau bajak singkal ditarik ternak. Kedalaman alur pembumbunan yang mencapai 22 cm memungkinkan tanaman tumbuh lebih cepat dan tahan rebah. Biaya yang harus dikeluarkan petani untuk pembumbunan juga berkurang dari Rp 200.000 menjadi Rp 35.600/ha.



Gambar 11. Alat pembuat alur irigasi/pembumbun jagung model PAI-M1 dan PAI-M2.

Tabel 4. Kapasitas kerja, dimensi alur, dan biaya operasional alin pembuat alur model PAI-M2, PAI-M1, cangkul, dan bajak singkal/ternak pada tanah bertekstur ringan. Takalar, Sulawesi Selatan, 2002.

Uraian	PAI-M1	PAI-M2	Cangkul	Bajak singkal ditarik ternak
Kapasitas kerja (jam/ha)	6	2.5	176	24
Alur irigasi				
- Lebar alur (cm)	34,9	35	35	27
- Kedalaman (cm)	22,4	22,8	9	16
- Efisiensi irigasi (%)	90,9	90,0	46,2	-
Biaya operasional (Rp/ha)	85.414	35.600	330.000	200.000

Sumber: Aqil *et al.* (2004)

Pompa dan Pemompaan

Pompa air merupakan alat pengangkut air dari suatu tempat ke tempat lain. Tujuan pemompaan adalah untuk menyediakan air bagi tanaman yang karena alasan teknis tidak dapat diairi. Terdapat berbagai jenis pompa di antaranya pompa aksial, pompa sentrifugal, dan pompa piston.

Pompa aksial mempunyai debit pemompaan yang besar namun ketinggian pemompaan terbatas (< 5 m). Pompa sentrifugal, meskipun mempunyai debit yang lebih rendah dibandingkan pompa aksial, namun ketinggian pemompaannya tinggi. Oleh karena itu, faktor kedalaman sumber air, tujuan pemompaan, dan luas areal yang akan diairi perlu dipertimbangkan dalam memilih pompa.

Balitsereal telah menghasilkan jenis pompa aksial tegak model PT-4D-M1 yang lebih hemat (Gambar 12). Spesifikasi, kinerja, dan biaya pemompaan air tanah dangkal dengan prototipe pompa aksial tegak model PT-4D-M1 dan disajikan pada Tabel 5.

Pompa sentrifugal juga telah dirancang dan diuji kinerjanya oleh BB-Mektan. Pompa tersebut diberi nama pompa air model AP-S100 dan digunakan untuk irigasi maupun drainase di lahan pertanian. Pompa ini memiliki *impeller* dan *casing* dengan desain yang berbeda dengan pompa yang ada dipasaran. Bobot pompa sangat ringan dengan efisiensi pemompaan mencapai 72%. Kinerja pompa sentrifugal model AP-S100 disajikan pada Tabel 6.



Gambar 12. Pompa aksial tegak model PT-4D-M1 (Firmansyah *et al.* 2004).

Tabel 5. Spesifikasi, kinerja, dan biaya pemompaan air tanah dangkal dengan prototipe pompa aksial tegak model PT-4D-M1 dan sentrifugal diameter 3 inci.

Uraian	Pompa aksial tegak diameter 4 inci	Pompa sentrifugal diameter 3 inci
Model	PT-4D-M1	-
Daya mesin (HP)	5,50	5,00
- Debit pemompaan maksimum (l/dt)	10,01-3,91	3,67-3,37
- Waktu pemberian air (jam/ha/musim)	91-234	249-272
- Biaya operasional (Rp/ha/musim)	331.000-976.000	766.000-1.167.000

Sumber: Firmansyah *et al.* (2004).

Tabel 6. Spesifikasi dan kinerja prototipe pompa sentrifugal model AP-S100.

Model	Diameter (mm)	Daya (kW)	Put. Pompa (rpm)	Tinggi total (m)	Debit Pompa (m ³ /min)
AP-S100	100 (4 inci)	6,0	2000	16	1,53-1,72
		7,0	2100	18	1,62-1,83
		8,6	2250	20	1,85-1,96
		8,7	2300	23	1,56-1,81

Sumber: Prabowo *et al.* (2004).

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, B. dan B. Prastowo. 1990. Modifikasi dan pengembangan alat pembenam pupuk butir untuk lahan kering. Hasil Penelitian Mekanisasi dan Teknologi 1989/1990. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Maros. p. 24-26.
- Aqil, M., I.U. Firmansyah, dan Suarni. 2007. Inovasi teknologi prapanen menunjang peningkatan produktivitas pada sistem produksi jagung. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. p. 100-107.
- Aqil, M., I.U. Firmansyah, Y. Sinuseng., B. Abidin, dan Riyadi. 2004. Peningkatan efisiensi model alur pada pertanaman jagung. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Serpong. p. 145-151.
- Firmansyah, I. U, M. Aqil, B. Abidin, Y. Sinuseng, Bahtiar, dan Riyadi. 2004. Potensi pompa aksial tegak untuk irigasi tanaman jagung di Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. p. 98-106.

- Firmansyah, I. U, M. Aqil, Y. Sinuseng, dan Riyadi. 2007. Evaluasi kinerja alat tanam jagung ATB1-2R-Balitsereal pada sistem tanpa olah tanah di lahan sawah tadah hujan. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. p. 94-99.
- Hendriadi A. 2005. Atlas arahan untuk seleksi tingkat teknologi mekanisasi pertanian pada lahan sawah dan kering di Indonesia. p. 1-10.
- Oisat. 2001. Soil Tillage (www.oisat.org/control_methods). p. 1-2.
- Pitoyo, J, dan N. Sulistyosari. 2006. Alat penanam jagung dan kedelai (*seeder*) untuk permukaan bergelombang. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Bogor. p. 75-81.
- Prabowo, A., L. Purwantana., dan A. Hendriadi. 2004. Spesifikasi dan kinerja prototipe pompa sentrifugal model AP-S1005. Prosiding Seminar Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. p. 62-68.
- Ruttan,V.W. and Hamai Y. 1984. Induce Innovation Model of Agricultural development in agricultural development in the third world. Edited by Calr K. Eicher & John M. Stas. p. 1-11.
- Saragih. 1999. Kumpulan Pemikiran Agribisnis. Paradigma Baru Pembangunan Pertanian. Pustaka Wirausaha. p. 1-5.
- Subandi, Zubachtirodin, S. Saenong, W. Wakman, M. Dahlan, M. Mejaya, I.U. Firmansyah, dan Suryawati. 2002. Highligh Balai Penelitian Tanaman Serealia 2001. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 8-9.
- Subandi, Zubachtirodin, S. Saenong, W. Wakman, M. Dahlan, M. Mejaya, I.U. Firmansyah, dan Suryawati. 2003. Highligh Balai Penelitian Tanaman Serealia 2002. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 7-8.
- Subandi, S. Saenong, Bahtiar, I.U. Firmansyah, dan Zubachtirodin. 2004. Peranan penelitian jagung dalam upaya mencapai swasembada jagung nasional. Seminar Nasional Penerapan Agro Inovasi Mendukung Ketahanan Pangan dan Agribisnis. Kerjasama BPTP Sumatera Barat dengan Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang. p. 78-86.



Pengelolaan Hama Prapanen Jagung

M.S. Pabbage, A.M. Adnan, dan N. Nonci
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Pemerintah telah mencanangkan swasembada tiga komoditas pangan yang diharapkan dapat terwujud hingga tahun 2015. Ketiga komoditas tersebut adalah padi, jagung, dan kedelai. Khusus untuk jagung, swasembada diharapkan dapat terwujud pada tahun 2007 dengan target produksi sebesar 13,54 juta ton (Biro Perencanaan Departemen Pertanian 2006).

Target produksi yang diharapkan adakalanya tidak dapat dicapai karena adanya berbagai kendala. Swastika *et al.* (2004) melaporkan bahwa kendala yang sering dihadapi dalam peningkatan produksi jagung adalah (1) sosial ekonomi yang mencakup mahalnya input (benih dan pupuk), rendahnya harga output (hasil), infrastruktur yang sedikit dan rendahnya daya beli; (2) rendahnya adopsi teknologi dan lemahnya sistem pemasaran yang terindikasi dari sulitnya mendapatkan kredit dan pasar; (3) rendahnya kesuburan tanah, sekitar 89% tanaman jagung di Indonesia diusahakan di lahan kering dengan tingkat kesuburan yang rendah; dan (4) kendala abiotik dan biotik.

Kendala abiotik disebabkan oleh rendahnya ketersediaan hara di tanah, sementara kendala biotik meliputi gangguan yang disebabkan oleh organisme pengganggu tanaman (OPT) yang terdiri atas gulma, hama, dan penyakit (Subandi *et al.* 1988).

Hama jagung diketahui menyerang pada seluruh fase pertumbuhan tanaman, baik vegetatif maupun generatif. Hama yang biasa ditemukan pada tanaman jagung adalah lalat bibit (*Atherigona* sp.), penggerek batang (*Ostrinia furnacalis*), penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera*), penggerek batang merah jambu (*Sesamia inferens* Walker), pemakan daun (*Spodoptera litura*, *Mythimna* sp.), *Aphis* sp., belalang, dan tikus (Kalshoven 1981, Subandi *et al.* 1988, dan Swastika *et al.* 2004).

Lalat bibit (*Atherigona* sp.) hanya ditemukan di Jawa dan Sumatera dan dapat merusak pertanaman hingga 80% atau bahkan 100%. Tanaman yang terserang ringan dapat pulih kembali, tetapi pertumbuhan pada fase generatif terhambat dan hasil berkurang. Serangga ini menyerang titik tumbuh jagung muda yang berumur 2-5 hari, sehingga mengakibatkan kematian tanaman (Kalshoven 1981, CPC 2001).

Penggerek batang (*O. furnacalis*) menyerang seluruh fase perkembangan tanaman dan seluruh bagian tanaman jagung. Kehilangan hasil yang disebabkan oleh serangga ini dapat mencapai 80% (Bato *et al.* 1983, Wiseman *et al.* 1984, Nafus and Schreiner 1987). Ciri khas serangannya adalah lubang kecil pada daun, gerakan pada batang, kerusakan pada tassel, dan kerusakan sebagian janggel.

Penggerek batang merah jambu (*S. inferens*) menyerang tanaman jagung tiap tahun di daerah Danau Tempe dan mengakibatkan kehilangan hasil sekitar 15% (Kalshoven 1981).

Penggerek tongkol (*H. armigera*) meletakkan telurnya pada silk dan larvanya menginvasi janggel serta memakan biji jagung yang sedang dalam proses pengisian. Kehilangan hasil akibat serangan hama ini dapat mencapai 10% (Wiseman *et al.* 1984).

Ulat grayak (*S. litura*) dapat merusak tanaman 5-50% (Metcalf and Metcalf 1993).

Belalang kembara (*Locusta migratoria*) menyerang daun, hanya menyisakan tulang daun dan batang, bahkan pada kondisi tertentu memakan tulang daun dan batang sehingga dapat merusak tanaman hingga 90% (Roe 2000).

Tikus merupakan salah satu hama yang menimbulkan masalah serius pada pertanaman jagung. Meskipun penurunan hasil belum pernah dilaporkan, tetapi luas areal yang dirusak bertambah setiap tahunnya. Di Indonesia, luas areal yang dirusak tikus adalah 3.272 ha pada tahun 1987 kemudian meningkat menjadi 11.091 ha pada tahun 1999 (CPC 2001).

Kutu daun (*Aphis maidis*) yang mengisap cairan tanaman jagung menurunkan hasil 15,8-78% (Chillar and Verma 1982, Mustea 1999).

PENGGEREK BATANG JAGUNG (*Ostrinia furnacalis*, Pyralidae: Lepidoptera)

Bioekologi

O. furnacalis merupakan hama utama jagung di Asia. Serangga ini mempunyai lebih dari satu generasi dalam setahun karena didukung oleh curah hujan yang memberikan pengaruh penting pada aktivitas ngengat dan oviposisinya (Nafus and Schreiner 1987).

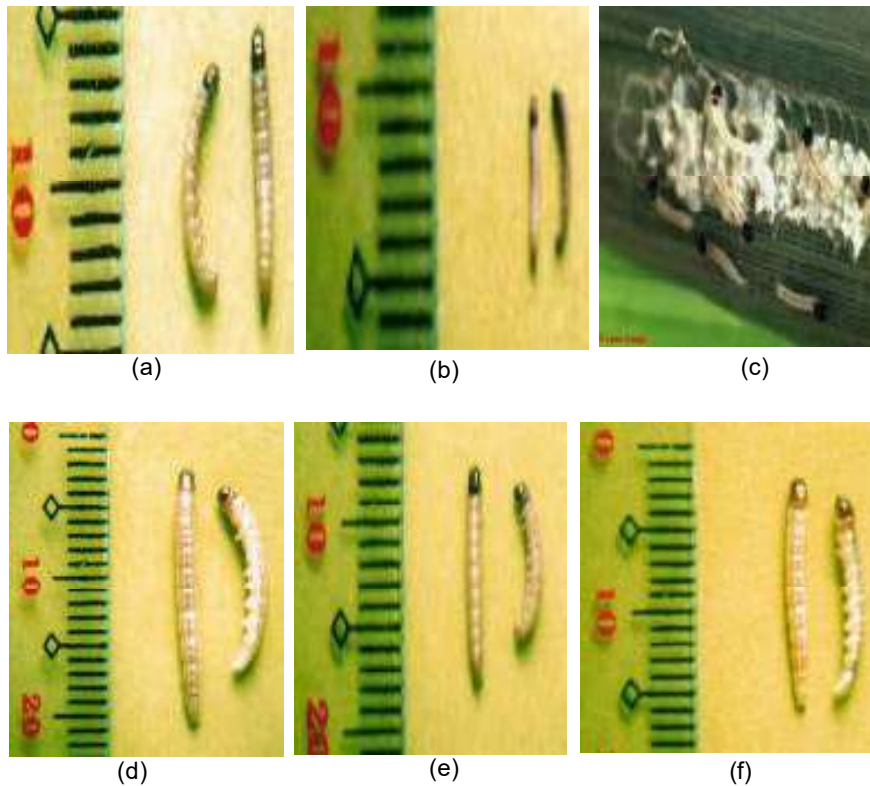
Di lapang, imago mulai meletakkan telur pada tanaman yang berumur dua minggu. Puncak peletakan telur terjadi pada stadia pembentukan bunga

jantan sampai keluarnya bunga jantan. Serangga betina lebih suka meletakkan telur di bawah permukaan daun, terutama pada daun ke-5 sampai daun ke-9 (Legacion and Gabriel 1988). Jumlah telur yang diletakkan tiap kelompok beragam (Gambar 1), berkisar antara 30-50 butir atau bahkan lebih dari 90 butir (Kalshoven 1981). Seekor ngengat betina mampu meletakkan telur 300-500 butir. Lama hidup serangga dewasa adalah 7-11 hari (Lee *et al.* 1980). Di laboratorium, jumlah telur per kelompok beragam antara 1-200 butir (Ruhendi *et al.* 1985). Stadium telur 3-4 hari (Lee *et al.* 1980).

Instar I sesaat setelah menetas dari telur langsung menyebar ke bagian tanaman lain. Pada fase pembentukan bunga jantan, larva instar I-III akan memakan daun muda yang masih menggulung dan pada permukaan daun yang terlindung dari daun yang telah membuka. Pada fase lanjut tanaman jagung, sekitar 67-100% dari larva instar I dan II berada pada bunga jantan (Nafus and Schreiner 1987). Larva instar III sebagian besar berada pada bunga jantan, meskipun sudah ada pada bagian tanaman lain. Instar IV-VI mulai melubangi bagian di atas buku dan masuk ke dalam batang dan membor ke bagian atas. Dalam satu lubang dapat ditemukan lebih dari satu larva. Gambar 2 memperlihatkan larva instar I-VI. Pada tongkol jagung juga sering ditemukan larva instar I-III dan makan pada ujung tongkol dan jambul. Instar berikutnya makan pada tongkol dan biji. Stadium larva adalah 17-30 hari.



Gambar 1. Koloni telur penggerek batang jagung.



Gambar 2. Instar I (a) yang baru menetas, Instar II (b), Instar III (c), Instar IV (d), Instar V (e), dan Instar VI (f) dari *O. furnacalis*.

Larva yang akan membentuk pupa membuat lubang keluar yang ditutup dengan lapisan epeidermis. Stadium pupa adalah 6-9 hari (Gambar 3).

Serangga dewasa yang keluar dari pupa pada malam hari pukul 20.00-22.00 akan langsung kawin dan meletakkan telur pada malam yang sama hingga satu minggu sesudahnya.

O. furnacalis ditemukan di Asia Tenggara, Asia Tengah, Asia Timur, dan Australia (Mutuura and Munroe 1970). Di Indonesia, serangga ini menyebar luas di Papua, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Sumatera (Waterhouse 1993).

Spesies ini selain menyerang jagung dan dapat pula menyerang tanaman lain seperti sorgum, kedelai, mangga, okra, tomat, tembakau, lada, tebu, kapas, jahe, dan rumput-rumputan (PGCPP 1987).



Gambar 3. Pupa (a) dan imago *O. furnacalis* (b).

Gejala Serangan

Larva *O. furnacalis* menyerang semua bagian tanaman jagung. Kehilangan hasil terbesar dapat terjadi saat serangan tinggi pada fase reproduktif (Kalshoven 1981). Serangga ini mempunyai ciri khas serangan pada setiap bagian tanaman jagung, yaitu berupa lubang kecil pada daun, lubang gorokan pada batang, bunga jantan, atau pangkal tongkol, batang dan tassel yang mudah patah, tumpukan tassel yang rusak, dan rusaknya tongkol jagung (Gambar 4).

Pengendalian

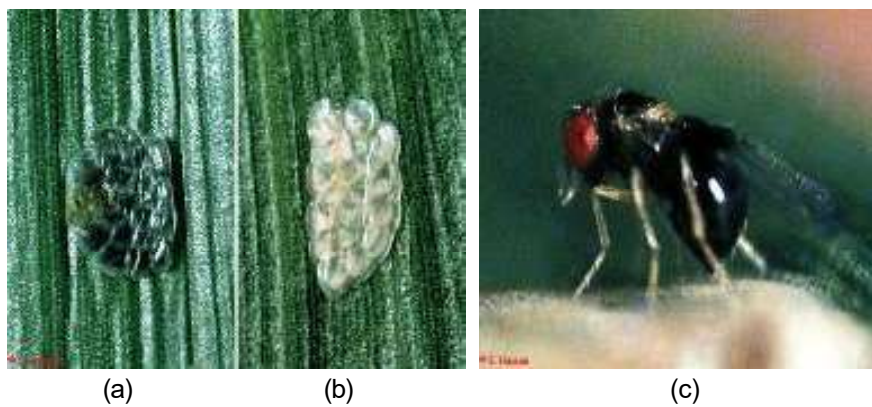
Hayati

Pemanfaatan musuh alami seperti parasitoid, cendawan, predator, bakteri, dan nematoda mampu menekan serangan (Gambar 5). Parasitoid telur yang dapat menekan infestasi serangga ini adalah *Trichogramma* spp. *T. evanescens* efektif memarasit telur *O. furnacalis* di laboratorium dengan persentase parasitasi mencapai 97,68% (Pabbage *et al.* 1999). Nonci *et. al.* (1998) melaporkan bahwa parasitasi parasitoid telur penggerek batang di daerah-daerah sentra produksi jagung di Sulawesi Selatan berkisar antara 71,56-89,80%.

Cendawan yang berperan sebagai entomopatogenik adalah *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*. Pada pengujian laboratorium, mortalitas larva instar II dari *O. furnacalis* yang diinokulasi cendawan *B. bassiana* dengan konsentrasi 5×10^7 konidia/ml mencapai 62,5%, instar III 55%, instar IV 57%, dan instar V 55%. Hal ini menunjukkan bahwa cendawan ini cukup efektif mengendalikan penggerek batang jagung. Pengujian di



Gambar 4. Gejala serangan penggerek batang jagung (*O. furnacalis*).



Gambar 5. Kelompok telur *O. furnacalis* yang sudah terparasit (a), kelompok telur yang belum terparasit (b), dan *Trichogramma* spp. yang sedang memarasit telur (c).



Gambar 6. Cecopet mendekati pupa *O. furnacalis*.

lapang menunjukkan bahwa cendawan *M. anisopliae* mampu mengendalikan penggerek batang yang terindikasi dari rendahnya kerusakan daun (13,3%) dan bunga jantan (5,3%) dibanding kontrol dengan kerusakan daun dan bunga jantan masing-masing mencapai 24,3% dan 27,0% pada 6 MST (Baco dan Yasin 2001).

Predator yang biasa memangsa hama penggerek batang jagung adalah *Micraspis* sp. dan Cecopet (*Euborellia annulata*) (Gambar 6). Laba-laba dari famili Argiopidae, Oxyopidae, dan Theriidae dan semut *Solenopsis germinata* memangsa larva muda hama penggerek (Hasse and Litsinger 1980).

Bakteri yang digunakan untuk mengendalikan spesies ini adalah *Bacillus thuringiensis* subspecies *Kurstaki*. Nematoda dari famili Steinernematidae juga efektif mengendalikan *O. furnacalis* (Ching *et al.* 1998).

Kultur Teknis/Pola Tanam

Serangan penggerek batang berfluktuasi dari waktu ke waktu. Waktu tanam yang baik untuk menghindari serangan penggerek batang adalah pada awal musim hujan, dan paling lambat empat minggu sejak mulai musim hujan.

Kultur teknis berupa tumpangsari jagung dengan kedelai atau kacang tanah akan mengurangi tingkat serangan (Hasse and Litsinger 1980). Hasil penelitian Nafus dan Schreiner, (1987) menunjukkan bahwa 40-70% larva berada pada bunga jantan, sehingga pemotongan sebagian bunga jantan (4 dari 6 baris) dapat menekan serangan penggerek batang.

Kimiawi

Penggunaan insektisida yang berbahan aktif monokrotofos, triazofos, diklorofos, dan karbofuran efektif menekan serangan penggerek batang

jagung (Ruhendi *et al.* 1985). Aplikasi insektisida dianjurkan apabila telah ditemukan satu kelompok telur per 30 tanaman.

Insektisida cair atau semprotan hanya efektif pada fase telur dan larva instar I-III, sebelum larva masuk ke dalam batang. Pengendalian dengan insektisida granul yang bersifat sistemik yang diaplikasikan melalui pucuk daun atau akar dapat mengendalikan penggerek batang pada semua stadium.

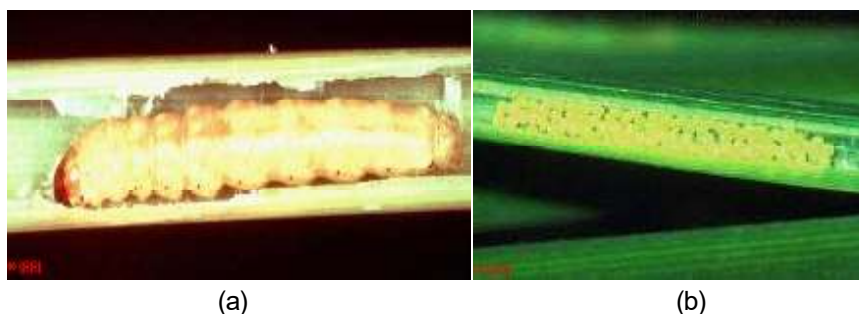
PENGGEREK BATANG MERAH JAMBU (*Sesamia inferens* Walker. Noctuidae: Lepidoptera)

Bioekologi

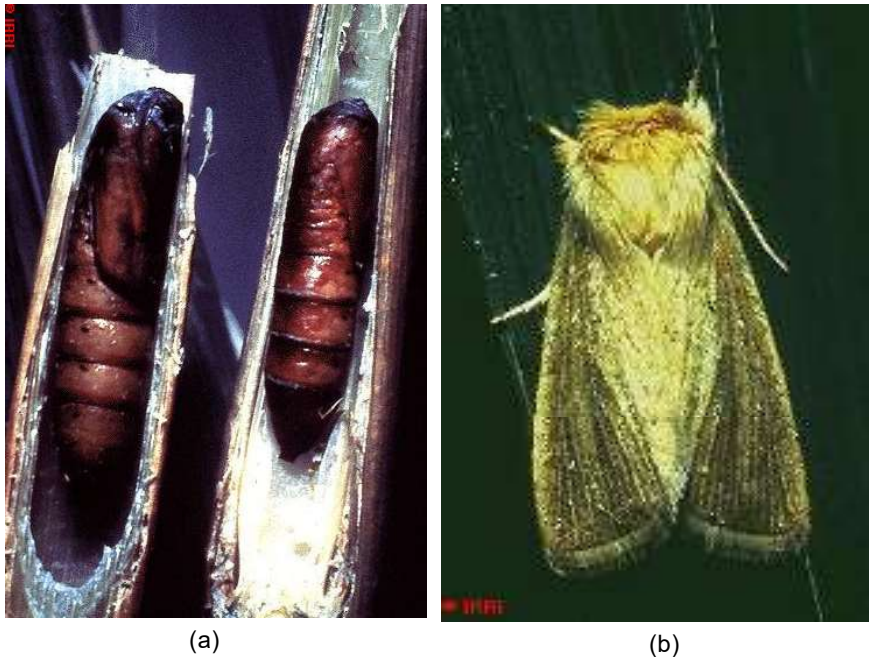
Serangga ini merupakan hama tanaman jagung, padi, dan tebu di Asia Tenggara, Cina, dan Jepang. Di Indonesia serangga ini dapat pula hidup pada rumput dan teki seperti *Andropogon*, *Eleusine*, *Panicum*, *Phragmites*, *Saccharum*, dan *Scripus*. Penggerek batang merah jambu umumnya ditemukan di daerah dengan musim kemarau yang jelas seperti Jawa Timur, Sulawesi, dan Nusa Tenggara (Kalshoven 1981).

Hama ini memiliki tiga generasi per tahun jika berada pada daerah subtropis, sedangkan pada daerah tropis mempunyai enam generasi. Telur diletakkan secara berkelompok dalam barisan di pelapah daun (Gambar 7), biasanya 3-8 baris. Telur generasi pertama terdiri atas 75-100 butir. Rata-rata fekunditi betina adalah 250 telur. Seekor imago betina mampu meletakkan telur 300-400 butir. Imago betina meletakkan beberapa generasi telur dalam beberapa minggu. Untuk generasi kedua, serangga betina akan meletakkan telur lebih banyak. Betina berkopulasi hanya sekali dengan masa inkubasi 6-10 hari atau rata-rata 7-8 hari pada daerah tropis (CPC 2001).

Larva terdiri atas enam atau tujuh instar dan adakalanya delapan instar dengan stadium larva berkisar antara 28-56 hari atau rata-rata lima minggu



Gambar 7. Kelompok telur dalam barisan (a) dan larva *S. inferens* (b).



Gambar 8. Pupa (a) dan imago *S. inferens* (b).

di daerah tropik. Instar I adalah instar dengan masa perkembangan yang lama, yaitu delapan hari dan instar II-V rata-rata 3-5 hari setiap instarnya, sementara instar VI tujuh hari, dan instar VII rata-rata 13 hari (Rothschild 1971). Larva berwarna merah jambu.

Masa prapupa sekitar lima jam dan stadia pupa 8-11 hari (Gambar 8). Proses keluarnya imago dari pupa berlangsung selama 25 menit. Sayap akan tetap melipat selama 10 menit dan kemudian membuka secara sempurna. Imago (Gambar 8) akan terbang secara sempurna empat hari setelah keluar dari pupa. Jarak terbang yang bisa ditempuh oleh seekor betina dan jantan masing-masing lebih dari 32 dan 50 km. Proses kawin dan meletakkan telur dapat terjadi 24 jam setelah keluar dari pupa.

Gejala Serangan

Gejala serangan mirip dengan gejala serangan penggerek batang *O. furnacalis*, terutama saat menyerang batang. Larva akan melubangi batang dan menggoroknya ke bagian atas sehingga batang mudah patah.

Pengendalian

Hayati

Platytelemonus sp. telah tercatat sebagai parasitoid telur *S. inferens* di Sulawesi Selatan, sedangkan Braconidae dan *Tetrastichus israeli* merupakan parasitoid larva dan pupa. Larva juga dapat diinfeksi oleh cendawan *B. bassiana* dan nematoda *Neoplectana carpocapsae* (Kalshoven 1981).

Pola Tanam

Penanaman serempak dan pergiliran tanaman dengan bukan jagung, padi, dan tebu dapat mengurangi serangan hama ini.

Mekanik

Pengambilan langsung dengan tangan dapat dilakukan jika biaya tenaga kerja cukup murah. Dapat pula dilakukan *roguing* pada tanaman jagung yang batangnya telah terserang.

Kimiawi

Larva menyerang terutama pada batang sehingga aplikasi insektisida sebaiknya dilakukan sebelum larva masuk ke dalam batang, yaitu setelah adanya kelompok telur di bagian bawah daun pada saat menjelang berbunga. Insektisida yang dapat digunakan antara lain adalah yang berbahan aktif monokrotofos.

PENGGEREK TONGKOL JAGUNG (*Helicoverpa armigera* Hbn. Noctuidae: Lepidoptera)

Bioekologi

Imago betina *H. armigera* meletakkan telur pada pucuk tanaman dan apabila tongkol sudah mulai keluar maka telur diletakkan pada rambut jagung. Imago betina mampu bertelur rata-rata 730 butir dengan masa oviposisi 10-23 hari. Telur menetas dalam tempo tiga hari setelah diletakkan pada suhu 22,5°C dan dalam tempo sembilan hari pada suhu 17°C (Kalshoven 1981).

Larva terdiri atas 5-7 instar, tetapi umumnya enam instar dengan pergantian kulit (moulting) setiap instar 2-4 hari (Gambar 9). Periode perkembangan larva sangat bergantung pada suhu dan kualitas makanannya. Khususnya pada jagung, masa perkembangan larva pada suhu 24-27,2°C adalah 12,8-21,3 hari. Larva serangga ini bersifat kanibalisme sehingga



Gambar 9. Larva (a) dan imago *H. armigera* (b).

merupakan salah satu faktor yang menekan perkembangannya (CPC 2001).

Spesies ini mengalami masa prapupa selama 1-4 hari. Selama periode ini, larva menjadi pendek dan lebih seragam warnanya dan kemudian berganti kulit menjadi pupa. Masa prapupa dan pupa biasanya terjadi dalam tanah dan kedalamannya bergantung pada kekerasan tanah. Pada umumnya pupa terbentuk pada kedalaman 2,5-17,5 cm. Serangga ini kadang-kadang berpupa pada permukaan tumpukan limbah tanaman atau pada kotorannya yang terdapat pada tanaman.

Pada kondisi yang tidak memungkinkan seperti panjang hari 11-14 jam/hari dan suhu yang rendah (15-23°C), *H. armigera* mengalami diapause atau sering disebut diapause pupa fakultatif. Diapause pupa dapat berlangsung beberapa bulan bahkan dapat lebih dari satu tahun. Pada kondisi lingkungan yang mendukung, fase pupa bervariasi dari enam hari pada suhu 35°C sampai 30 hari pada suhu 15°C.

Gejala Serangan

Imago betina akan meletakkan telur pada silk jagung dan sesaat setelah menetas larva akan menginvasi masuk ke dalam tongkol dan akan memakan biji yang sedang mengalami perkembangan (Gambar 9). Infestasi serangga ini akan menurunkan kualitas dan kuantitas tongkol jagung.

Pengendalian

Hayati

Musuh alami yang digunakan sebagai pengendali hayati dan cukup efektif untuk mengendalikan penggerek tongkol adalah *Trichogramma* spp. yang merupakan parasitoid telur, di mana tingkat parasitasi pada hampir semua tanaman inang *H. armigera* sangat bervariasi dengan angka maksimum 49% (Mustea 1999). *Eriborus argentiopilosa* (Ichneumonidae) juga merupakan parasitoid pada larva muda. Dalam kondisi kelembaban yang cukup, larva juga dapat diinfeksi oleh *M. anisopliae*.

Agen pengendali lain yang juga berpotensi untuk mengendalikan serangga ini adalah bakteri *B. bassiana* dan virus *Helicoverpa armigera* Nuclear Polyhedrosis Virus (HaNPV).

Kultur Teknis

Pengolahan tanah secara sempurna akan merusak pupa yang terbentuk dalam tanah dan dapat mengurangi populasi *H. armigera* berikutnya.

Kimiawi

Agak sulit mencegah kerusakan oleh serangga ini karena larva segera masuk ke tongkol sesudah menetas. Untuk mengendalikan larva *H. armigera* pada jagung, penyemprotan harus dilakukan setelah terbentuknya silk dan diteruskan (1-2 hari) hingga jambul berwarna coklat. Untuk itu dibutuhkan biaya yang cukup mahal (Baco dan Tandiabang 1998).

ULAT GRAYAK

(*Spodoptera litura*, *Mythimna* sp. Noctuidae: Lepidoptera)

Bioekologi

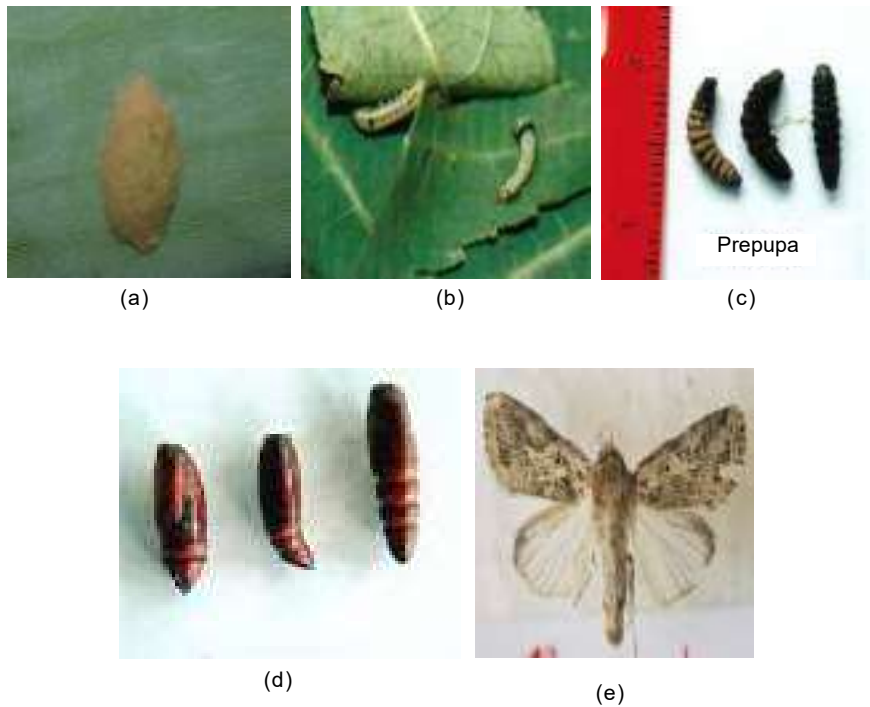
Siklus hidup *S. litura* yang *direaring* pada beberapa jenis inang tersaji pada Tabel 1. *S. litura* meletakkan telur secara berkelompok di permukaan daun dan ditutupi oleh bulu-bulu yang berwarna coklat muda dan setiap kelompok telur terdiri atas 50-400 butir (Gambar 10a).

Larva terdiri atas enam instar dan instar terakhir mempunyai bobot mencapai 800 mg dan menghabiskan 80% dari total konsumsi makanannya (Kalshoven 1981) (Gambar 10b). Larva bersembunyi dalam tanah pada siang hari dan baru aktif pada malam hari, kecuali *S. exempta* yang juga aktif pada siang hari.

Tabel 1. Komparasi siklus hidup *S. litura* pada beberapa tanaman inang.

Stadia	Siklus hidup <i>S. litura</i> (hari)										
	Zapata 1970					Cadapan1985		Paris1968		Hidayat 2003	
	Bush sitao	Jagung	Okra	Petsai	Ubi jalar	Tomat	Kacang tanah	Jarak	Jarak	Jarak	Jarak
Telur	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,24		3,33±0,58	
Larva instar											
Pertama	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	3,0	3,3	3,02		4,40±0,346	
Kedua	2,0	2,0	2,5	2,0	2,5	2,5	3,3	2,09		3,34±0,17	
Ketiga	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	3,2	2,11		2,53±0,05	
Keempat	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5	3,1	2,66		1,76±0,15	
Kelima	2,0	2,5	2,5	1,5	2,5	2,0	4,2	2,36		1,31±0,36	
Keenam	3,5	2,0	4,0	2,5	4,5	2,0	3,1	4,43		-	
Ketujuh	-	5,5	-	-	-	2,0	-	-		-	
Total stadium larva	14,5	10,5	17	12,5	16,5	16	21,1	16,09		14,33±4,16	
Fase pupa											
Pre-pupa	-	-	-	-	-	-	-	-		1,00±0	
Pupa	10,5	11,5	10,0	10,5	10,5	10,5	9,5	9		8,5±1,73	
Total perkembangan	28,5	33,5	30,5	25,5	30,5	29,0	37,7	28,96		27,00±6,24	
Longeviti imago											
Jantan	-	-	-	-	-	-	-	-		4,85±1,09	
Betina	-	-	-	-	-	-	-	-		5,70±1,38	
Total lama hidup (dari telur hingga dewasa mati)											
Jantan	-	-	-	-	-	-	-	-		30,67±8,14	
Betina	-	-	-	-	-	-	-	-		31,67±8,33	

Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan



Gambar 10. Kelompok telur (a), larva (b), prapupa (c), pupa (d), dan imago *S. litura* (e).

Pupa (Gambar 10d) terbentuk dalam tanah dengan masa pupasi 7-10 hari. Imago (Gambar 10e) betina kawin 3-4 kali selama hidupnya, sementara jantan kawin mencapai 10 kali (Metcalf and Metcalf 1993). Perkembangan telur hingga dewasa berkisar antara 29-31 hari.

S. litura merupakan serangga hama penting pada tanaman pertanian di Asia Tenggara dan spesies ini juga terdistribusi luas ke seluruh Asia tropis dan Asia subtropis, Australia, dan pulau-pulau di Pasifik (Kranz *et al.* 1977).

Spesies ini adalah serangga polipagous. Tanaman inangnya selain jagung adalah tomat, kapas, tembakau, padi, kakao, jeruk, ubi jalar, kacang tanah, jarak, kedelai, kentang, kubis, dan bunga matahari (Holloway 1989).

Bioekologi *Mythimna* sp.

Mythimna sp. merupakan hama polipagous dan menyerang banyak tanaman, antara lain jagung, padi, sorgum, dan kacang-kacangan. Ada beberapa spesies dari genus ini yang dapat merusak tanaman jagung antara lain *M. separata* dan *M. loreyi*. Distribusi serangga ini mulai dari Eropa Selatan,

Afrika, India, Cina, Australia, dan Indonesia, serta negara-negara pasifik sampai Amerika. Larva serangga dijumpai di Jawa hingga pada ketinggian 1.800 m dpl (Kalshoven 1981).

Ledakan populasi dapat terjadi secara tiba-tiba, tetapi cepat hilang. Sering terjadi, ledakan populasi pada satu generasi diikuti oleh penurunan populasi pada generasi selanjutnya.

Pengamatan menunjukkan bahwa ledakan populasi seiring dengan adanya perubahan iklim, terutama periode kering diikuti curah hujan dan kelembaban tinggi dan disertai oleh tersedianya makanan yang melimpah. Ledakan populasi biasanya didahului oleh kondisi yang kurang menguntungkan bagi perkembangan parasitoid dan predator.

Serangga meletakkan telur secara berkelompok pada daun dan ditutupi dengan bulu-bulu yang berwarna coklat. Seekor *M. separata* betina mampu meletakkan telur 500-900 butir. Masa inkubasi telur berkisar antara 2-13 hari, bergantung suhu, tetapi normalnya 3-4 hari pada suhu 25°C. Telur yang baru diletakkan berwarna hijau keputih-putihan, kemudian berubah menjadi kuning dan berwarna hitam sebelum menetas.

Larva instar I memakan cangkang telur. Stadia larva terdiri atas enam instar dengan stadium 13-18 hari. Pada siang hari larva bersembunyi dalam tanah dan aktif menyerang pada malam hari. Pola warna larva berbeda, bergantung pada perilakunya. Pada kondisi *gregarious* larva berwarna gelap dan aktif, sementara pada kondisi *solitary* berwarna lebih terang dan pasif (Kalshoven 1981).

Pupa terbentuk dalam tanah dengan lama pupasi sekitar sembilan hari. Serangga dewasa dapat kawin beberapa kali dan meletakkan telur selama 2-6 hari. Perkembangan dari telur sampai dewasa berkisar 30-39 hari

Gejala Serangan

Larva serangga ini memakan daun dengan bentuk yang tidak beraturan. Dalam kondisi yang sangat lapar, larva memakan daun hingga menyisakan tulang daun.

Pengendalian

Hayati

Ulat grayak diketahui memiliki banyak musuh alami. Sebanyak 131 spesies musuh alami serangga ini telah dilaporkan dari berbagai tempat di dunia.

Trichogramma spp. diketahui sebagai parasitoid telur. Selain itu, ordo Hymenoptera dari famili Scelionidae dan Brachonidae juga merupakan parasitoid telur. *Chelonus* dan *Telenomus* diketahui sebagai parasitoid telur, larva, dan prapupa.

Nosema carpocapsae dapat menginfeksi larva ulat grayak. *Aspergillus flavus*, *B. bassina*, *Nomuraea rileyi*, dan *M. anisopliae* adalah cendawan yang efektif untuk mengendalikan larva serangga ini.

NPV (Nuclear Polyhedrosis Virus) adalah virus pengendali hayati yang potensial digunakan untuk mengendalikan ulat grayak. Nematoda dari famili Mermithidae dan Steinernematidae juga efektif mengendalikan spesies ini.

Bakteri *B. thuringensis* adalah salah satu agen pengendali yang mampu memberikan mortalitas cukup tinggi pada ulat grayak.

Kultur Teknis

Ulat grayak membentuk pupa dalam tanah. Karena itu, pengolahan tanah secara sempurna dan pembakaran sisa tanaman/gulma di permukaan lahan dapat menurunkan populasi serangga pada pertanaman berikutnya.

Mekanik

Pengumpulan kelompok telur ulat grayak dengan tangan dan kemudian membakarnya merupakan salah satu cara untuk menekan populasi hama ini.

Kimiawi

Ledakan populasi ulat grayak yang terjadi secara tiba-tiba memerlukan pengendalian yang cepat. Dengan memperhatikan tingkat serangan dan kelestarian lingkungan, penggunaan insektisida dapat menekan populasi secara cepat dengan tingkat mortalitas yang tinggi.

Direktorat Jenderal Perlindungan Tanaman Pangan (1984) menganjurkan aplikasi insektisida jika sudah ditemukan dua ekor larva/m². Insektisida yang cukup efektif antara lain adalah monokrotofos, diazinon, khlorpirifos, triazofos, diklorovos, sianofenfos, dan karbaril (Ruhendi *et al.* 1985).

LALAT BIBIT (*Atherigona* sp., Ordo: Diptera)

Bioekologi

Atherigona sp. biasanya meletakkan telur pada pagi hari atau malam hari. Telur-telur tersebut diletakkan secara tunggal di bawah daun, axil daun, atau batang dekat permukaan tanah. Telur menetas pada malam hari minimal 33 jam atau maksimal empat hari setelah telur diletakkan. Telur spesies ini berwarna putih dengan panjang 1,25 mm dan lebar 0,35 mm dan warnanya berubah menjadi gelap sebelum menetas (CPC 2001).

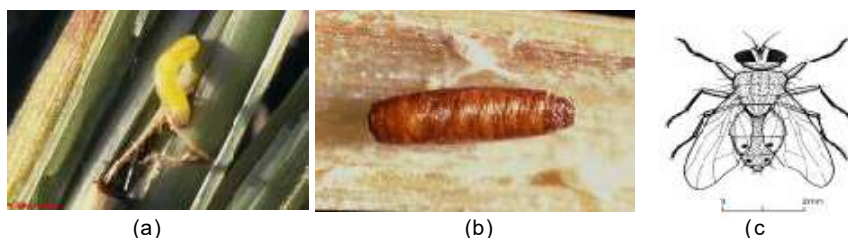
Larva terdiri atas tiga instar dengan stadia larva 6-18 hari (Gambar 11a). Larva spesies ini terdiri atas 12 ruas (satu ruas kepala, tiga ruas thorax, dan delapan ruas abdomen). Panjang larva mencapai 9 mm, berwarna putih krem pada awalnya dan selanjutnya menjadi kuning hingga kuning gelap.

Pupa terdapat pada pangkal batang dekat atau di bawah permukaan tanah (Gambar 11b). Imago keluar dari pupa setelah 5-12 hari pada pagi atau sore hari. Puparium berwarna coklat kemerahan sampai coklat dengan panjang 4,1 mm. Segmentasi tidak dapat dibedakan.

Imago akan terbang satu jam setelah keluar dari pupa (Gambar 11c). Kopulasi tidak terjadi pada beberapa hari setelah muncul dari pupa. Serangga dewasa sangat aktif terbang dan sangat tertarik pada kecambah atau tanaman yang baru tumbuh. Imago berukuran kecil dengan panjang 2,5-4,5 mm, caput agak lebar dengan antena panjang, thorax berambut, abdomen berwarna kuning dengan spot hitam pada bagian dorsal.

Imago betina mulai meletakkan telur 3-5 hari setelah kawin dengan jumlah telur 7-22 butir atau bahkan dapat mencapai 70 butir. Imago betina meletakkan telur selama 3-7 hari.

Lama hidup serangga dewasa bervariasi antara 5-23 hari, masa hidup betina dua kali lebih lama daripada jantan. Siklus hidup telur hingga menjadi dewasa adalah 21-28 hari.



Gambar 11. Larva (a), pupa (b), imago *Atherigona* sp (c).

Terdapat beberapa variasi ekologi lalat bibit pada areal yang berbeda, tetapi umumnya kelembaban yang tinggi sangat mendukung perkembangan spesies ini. Jika kondisi sangat kering, telur akan gagal menetas atau larva mati sebelum melakukan penetrasi batang. Penetasan dan aktivitas imago terjadi selama kondisi dingin dalam satu hari.

Gejala Serangan

Larva yang baru menetas melubangi batang, kemudian membuat terowongan hingga ke dasar batang sehingga tanaman menjadi kuning dan akhirnya mati (Gambar 12). Jika tanaman mengalami *recovery*, maka pertumbuhannya akan kerdil.

Pengendalian

Hayati

Parasitoid yang memarasit telur lalat bibit adalah *Trichogramma* spp. dan parasitoid larva adalah *Opius* sp. dan *Tetrastichus* sp. Predator imago adalah *Clubiona japonicola*.

Kultur Teknis dan Pola Tanam

Aktivitas lalat bibit hanya berlangsung selama 1-2 bulan pada musim hujan. Karena itu, serangan dapat dihindari dengan mengubah waktu tanam.



Gambar 12. Gejala serangan lalat bibit.

Pergiliran tanaman dengan tanaman bukan padi dan jagung serta tanam serempak dapat menekan serangan hama ini (Litsinger 1978).

Varietas Tahan

Balai Penelitian Tanaman Serealia sejak 2006 telah melakukan pengujian terhadap ketahanan beberapa galur yang diharapkan dapat dilepas sebagai varietas tahan lalat bibit.

Beberapa galur jagung QPM putih yang tahan terhadap lalat bibit adalah MSQ-P1(S1)-C1-11, MSQ-P1(S1)-C1-12, MSQ-P1(S1)-C1-44, dan MSQ-P1(S1)-C1-45 dengan tingkat serangan 0%. Galur jagung QPM kuning yang tahan terhadap serangga hama ini adalah MSQ-K1(S1)-C1-16, MSQ-K1(S1)-C1-35, MSQ-K1(S1)-C1-50 dengan tingkat serangan hanya mencapai 5% (Balitsereal 2006).

Kimiawi

Pengendalian dengan insektisida dapat dilakukan melalui perlakuan benih (*seed dressing*), menggunakan thiodikarb dengan dosis 7,5-15 g b.a./kg benih atau karbofuran dengan dosis 6 g b.a./kg benih. Setelah berumur 5-7 hari, tanaman disemprot dengan karbosulfan dengan dosis 0,2 kg ba./ha atau thiodikarb 0,75 kg ba./ha. Penggunaan insektisida hanya dianjurkan di daerah endemik (Direktorat Jenderal Perlindungan Tanaman Pangan 1984).

BELALANG (*Locusta migratoria*)

Bioekologi

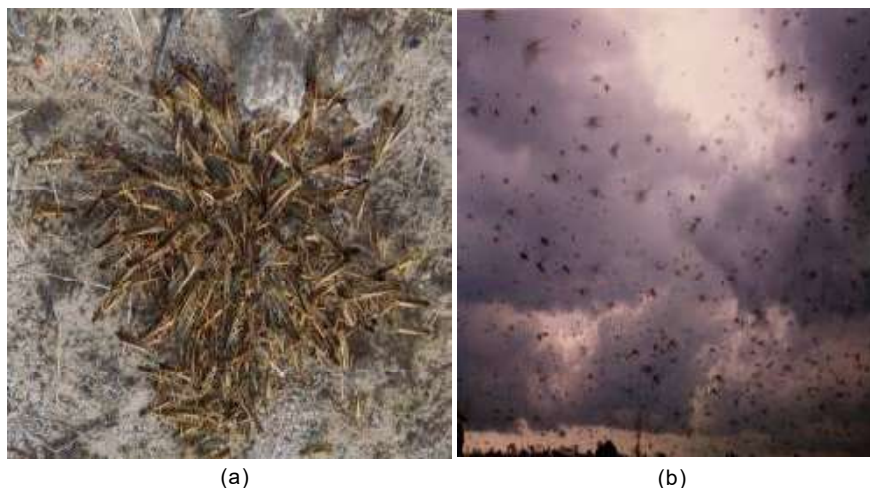
Seekor betina mampu menghasilkan telur sekitar 270 butir. Telur berwarna keputih-putihan dan berbentuk buah pisang, tersusun rapi sekitar 10 cm di bawah permukaan tanah. Menurut BPOPT (2000), telur akan menetas setelah 17 hari, sementara menurut Farrow (1990), telur akan menetas antara 10-50 hari, bergantung temperatur.

Nimfa mengalami lima kali ganti kulit (lima instar). Instar I berwarna hitam. Instar II berwarna kuning keputih-putihan. Instar III pada bagian lateral dan ventral berwarna kuning dengan dorsal hitam, disertai bakal sayap kecil mengarah ke bawah, Instar IV pada bagian lateral dan ventral berwarna jingga dengan dorsal hitam dan bakal sayap mengarah ke atas. Instar V berwarna jingga kemerah-merahan dengan dorsal hitam dan bakal sayap memanjang sampai dengan ruas abdomen ke empat dan pangkalnya berwarna jingga. Stadium nimfa berlangsung selama 38 hari.

Imago betina yang berwarna coklat kekuningan siap meletakkan telur setelah 5-20 hari, tergantung temperatur. Seekor betina mampu menghasilkan 6-7 kantong telur dalam tanah dengan jumlah telur 40 butir per kantong. Imago betina hanya membutuhkan satu kali kawin untuk meletakkan telur-telurnya dalam kantong-kantong tersebut. Imago jantan yang berwarna kuning mengkilap berkembang lebih cepat dibandingkan dengan betina. Lama hidup dewasa adalah 11 hari.

Siklus hidup rata-rata 76 hari, sehingga dalam setahun dapat menghasilkan 4-5 generasi di daerah tropis, terutama Asia Tenggara. Di daerah subtropis, serangga ini hanya menghasilkan satu generasi per tahun. Belalang kembara mengalami tiga fase pertumbuhan populasi yaitu fase soliter, fase transien, dan fase gregaria. Pada fase soliter, belalang hidup sendiri-sendiri dan tidak menimbulkan kerusakan bagi tanaman. Pada fase gregaria, belalang kembara hidup bergerombol dalam kelompok-kelompok besar, berpindah-pindah tempat dan merusak tanaman secara besar-besaran. Perubahan fase dari soliter ke gregaria dan dari gregaria kembali ke soliter dipengaruhi oleh iklim, melalui fase yang disebut transien.

Perubahan fase soliter ke gregaria biasanya dimulai pada awal musim hujan setelah melewati musim kemarau yang cukup kering (di bawah normal). Pada saat itu, biasanya terjadi peningkatan populasi belalang soliter yang berdatangan dari berbagai lokasi ke suatu lokasi yang secara ekologis sesuai untuk berkembang (Gambar 13). Lokasi tersebut biasanya berupa lahan yang terbuka atau banyak ditumbuhi rumput, tanah gembur berpasir, dan dekat sumber air (sungai, danau, rawa) sehingga kondisi tanah cukup lembab. Setelah berlangsung 3-4 generasi, apabila kondisi lingkungan



Gambar 13. Koloni imago belalang (a), dan koloni belalang yang sedang bermigrasi (b).

memungkinkan, fase soliter akan berkembang menjadi fase gregaria, melalui fase transien. Lokasi ini dikenal sebagai lokasi pembiakan awal.

Perubahan fase gregaria kembali ke fase soliter biasanya terjadi apabila keadaan lingkungan tidak menguntungkan bagi kehidupan belalang, terutama karena pengaruh curah hujan, tekanan musuh alami dan atau tindakan pengendalian oleh manusia. Perubahan ini juga melalui fase transien.

Belalang kembara pada fase gregaria aktif terbang pada siang hari berkumpul dalam kelompok-kelompok besar. Pada senja hari, kelompok belalang hinggap pada suatu lokasi, biasanya untuk bertelur pada lahan-lahan kosong, berpasir, makan tanaman yang dihindangi, dan kawin. Pada pagi hari, kelompok belalang terbang untuk berputar-putar atau pindah lokasi. Pertanaman yang dihindangi pada malam hari biasanya dimakan sampai habis. Kelompok besar nimfa (belalang muda) biasanya berpindah tempat dengan berjalan secara berkelompok. Sepanjang perjalanannya juga memakan tanaman yang dilewati.

Tanaman yang paling disukai belalang kembara adalah kelompok Graminae yaitu padi, jagung, sorgum, tebu, alang-alang, gelagah, dan berbagai jenis rumput. Selain itu, belalang juga menyukai daun kelapa, bambu, kacang tanah, petsai, sawi, dan kubis daun. Tanaman yang tidak disukai antara lain adalah kacang hijau, kedelai, kacang panjang, ubi kayu, tomat, ubi jalar, dan kapas.

Gejala Serangan

Gejala serangan belalang tidak spesifik, bergantung pada tipe tanaman yang diserang dan tingkat populasi. Daun biasanya bagian pertama yang diserang. Hampir keseluruhan daun habis termasuk tulang daun, jika serangannya parah. Spesies ini dapat pula memakan batang dan tongkol jagung jika populasinya sangat tinggi dengan sumber makanan terbatas (Gambar 14).

Pengendalian

Hayati

Agens hayati *M. anisopliae* var. *acridium*, *B. bassiana*, *Enthomophaga* sp., dan *Nosuma locustae* di beberapa negara terbukti dapat digunakan pada saat populasi belum meningkat.



Gambar 14. Gejala serangan belalang pada tanaman jagung.

Pola Tanam

Di daerah pengembangan tanaman pangan yang menjadi ancaman hama belalang kembara perlu dipertimbangkan pola tanam dengan tanaman alternatif yang tidak atau kurang disukai belalang dengan sistem tumpang sari atau diversifikasi.

Pada areal yang sudah terserang belalang dan musim tanam belum terlambat, diupayakan segera penanaman kembali dengan tanaman yang tidak disukai belalang seperti, kedelai, kacang hijau, ubi kayu, ubi jalar, kacang panjang, tomat, atau tanaman yang kurang disukai belalang seperti kacang tanah, petsai, kubis, dan sawi.

Mekanis

Melakukan gerakan masal sesuai stadia populasi:

Stadia telur. Untuk mengetahui lokasi telur maka dilakukan pemantauan lokasi dan waktu hinggap kelompok belalang dewasa secara intensif. Pada areal atau lokasi bekas serangan yang diketahui terdapat populasi telur, dilakukan pengumpulan kelompok telur melalui pengolahan tanah sedalam 10 cm, kelompok telur diambil dan dimusnahkan, kemudian lahan segera ditanami kembali dengan tanaman yang tidak disukai belalang.

Stadia nimfa. Setelah dua minggu sejak hinggapnya kelompok belalang kembara mulai dilakukan pemantauan terhadap kemungkinan adanya nimfa. Nimfa dikendalikan dengan cara memukul, menjaring, membakar atau menggunakan perangkap lainnya. Menghalau nimfa ke suatu tempat yang sudah disiapkan di tempat terbuka untuk kemudian dimatikan. Nimfa yang sudah ada di tempat terbuka apabila memungkinkan juga dapat dilakukan pembakaran namun harus hati-hati agar api tidak merembet ke tempat lain. Pengendalian nimfa berperan penting dalam menekan perkembangan belalang.

Kimiaawi

Dalam keadaan populasi tinggi, perlu segera diupayakan penurunan populasi. Apabila cara-cara lain sudah ditempuh tetapi populasi masih tetap tinggi maka insektisida yang efektif dan diijinkan dapat diaplikasikan. Penyemprotan dengan alat aplikasi ULV lebih baik karena lebih efisien. Pengendalian yang tepat dilakukan sejak nimfa masih kecil karena belum merusak, dan lebih peka terhadap insektisida. Penyemprotan dapat dilakukan pada siang hari. Apabila terpaksa karena terlambat atau tidak diketahui sebelumnya, pengendalian imago dapat dilaksanakan malam hari pada saat belalang beristirahat (hinggap pada senja hari dan terbang pagi hari).

Jenis insektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan belalang adalah jenis yang berbahan aktif organofosfat seperti fenitrothion.

KUTU DAUN (*Aphis maidis*)

Bioekologi

Kutu daun membentuk koloni yang besar pada daun. Betina berproduksi secara partenogenesis (tanpa kawin). Umumnya, stadia nimfa terdiri atas empat instar (Kring 1985). Stadium nimfa terjadi selama 16 hari pada suhu 15°C, sembilan hari pada suhu 20°C, dan lima hari pada suhu 30°C.

Seekor betina (Gambar 15) yang tidak bersayap mampu melahirkan rata-rata 68,2 ekor nimfa, sementara betina bersayap melahirkan 49 nimfa (Adam and Drew 1964). Lama hidup imago adalah 4-12 hari (Ganguli and Raychaudhuri 1980).

Ketiadaan fase telur di luar tubuh *A. maidis* betina karena proses inkubasi dan penetasan terjadi dalam alat reproduksi betina dan diduga telur tidak mampu bertahan pada semua kondisi lingkungan.



Gambar 15. Imago betina *A. maidis*.

Serangga ini lebih menyukai suhu yang hangat. Mau dan Kessing (1992) melaporkan bahwa imago lebih aktif di lapangan pada suhu 17° dan 27°C.

Gejala Serangan

A. maidis dalam kelompok yang besar mengisap cairan daun dan batang, akibatnya warna dan bentuk daun tidak normal yang pada akhirnya tanaman mengering (Gambar 16).

Kutu daun ini menghasilkan *honeydew* yang dikeluarkan melalui sersinya, sehingga membentuk embun jelaga berwarna hitam yang menutupi daun sehingga menghalangi proses fotosintesis.

Pengendalian

Hayati

A. maidis dan *Lysiphlebus mirzai* (Famili: Braconidae) diketahui berpotensi sebagai parasitoid hama ini (Mau and Kessing 1992, Tripathi and Singh 1995). *Coccinella* sp. dan *Micraspis* sp. juga dapat dimanfaatkan sebagai predator.

Kultur Teknis

Trujillo and Altieri (1990) menyarankan penanaman jagung secara polikultur karena akan meningkatkan predasi dari predator kutu daun dibandingkan dengan penanaman secara monokultur.



Gambar 16. Gejala serangan *A. maidis* pada tanaman jagung.

Kimiawi

Kutu daun mudah dikendalikan dengan menggunakan insektisida kontak atau sistemik. Insektisida granular sering dipakai untuk mengendalikan hama ini pada tanaman sereal. Insektisida seperti malathion lebih disenangi karena lebih sedikit pengaruhnya terhadap populasi musuh alami (Ba Angood and Stewart 1980).

Selain itu, dimethoate dan methyl dimeton juga efektif untuk mengendalikan *A. maidis* pada jagung.

TIKUS (*Rattus argentiventer*)

Bioekologi

Tanaman jagung yang diserang tikus biasanya ditanam pada lahan sawah setelah padi. Tikus tersebut adalah dari spesies *Rattus argentiventer*.

Tikus memiliki kemampuan indera yang sangat menunjang setiap aktivitas kehidupannya. Di antara kelima organ inderanya, hanya penglihatan yang kurang baik, namun kekurangan ini ditutupi oleh indera lainnya yang berfungsi dengan baik.

Tikus mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap cahaya. Meski indera penglihatannya kurang berfungsi dengan baik, tikus mampu mengenali benda di depannya pada jarak 10 m (Rochman 1992).

Indera penciuman tikus berfungsi dengan baik. Hal ini ditunjukkan oleh aktivitas tikus menggerak-gerakkan kepala dan mengendus pada saat mencium bau pakan, tikus lain, dan musuhnya.

Indera pendengarannya juga berfungsi dengan sempurna karena mampu mendengar suara pada frekwensi audibel (40 kHz), dan frekwensi ultrasonik (100 kHz).

Dengan indera perasa, tikus mampu mendeteksi zat yang pahit, beracun, atau tidak enak. Bulu-bulu pendek dan panjang yang tumbuh di antara rambut pada bagian tepi tubuhnya dimanfaatkan sebagai indera peraba untuk membantu pergerakan di tengah kegelapan (Rochman 1992).

Selain indera tersebut, tikus juga mempunyai beberapa kemampuan lain yaitu kemampuan menggali, memanjat, meloncat, mengerat, berenang, dan menyelam.

Tikus mempunyai kemampuan reproduksi yang tinggi. Hal ini ditunjang oleh beberapa faktor, antara lain: matang seksual cepat (2-3 bulan), masa bunting singkat (21-23 hari), timbulnya birahi cepat (24-48 jam setelah melahirkan), melahirkan sepanjang tahun tanpa mengenal musim, dan melahirkan keturunan dalam jumlah banyak (3-12 ekor dengan rata-rata enam ekor per kelahiran).

Tikus termasuk pemakan menyukai hampir semua makanan yang dimakan manusia. Dalam kondisi cukup makanan, tikus beraktivitas sejauh rata-rata 30 m dan tidak pernah lebih dari 200 m. Jika kondisi tidak menguntungkan, jarak tempuh tikus dapat mencapai 700 m atau lebih.

Populasi tikus dipengaruhi oleh faktor lingkungan, baik biotik maupun abiotik. Faktor abiotik yang sangat berpengaruh terhadap dinamika populasi tikus adalah air dan sarang, sementara faktor biotik adalah tanaman dan hewan kecil sebagai sumber pakan, patogen, predator, tikus lain sebagai pesaing, dan manusia.

Gejala Serangan

Tikus biasanya menyerang tanaman jagung pada fase generatif atau fase pengisian tongkol. Tongkol yang sedang matang susu dimakan oleh tikus sehingga tongkol menjadi rusak. Umumnya tikus makan biji pada tongkol mulai dari ujung tongkol sampai pertengahan tongkol.

Pengendalian

Hayati

Tikus dapat dikendalikan dengan memanfaatkan predator berupa kucing, anjing, ular, burung elang, dan burung hantu. Penggunaan patogen sebagai agen pengendali tidak dianjurkan karena berdampak negatif terhadap manusia.

Sanitasi

Pembersihan dan penyempitan pematang atau tanggul dapat dilakukan untuk membatasi tikus membuat sarang. Untuk itu pematang atau tanggul dibuat dengan lebar kurang dari 40 cm.

Mekanik

Pemagaran pertanaman dengan plastik, pemasangan bubu perangkap, atau gropyokan merupakan tindakan pengendalian mekanik yang dapat dilaksanakan untuk mengurangi populasi tikus.

Penggunaan bambu berukuran 2 m yang pada salah satu bukannya dilubangi, kemudian diletakkan di pinggir pematang saat terbentuknya tongkol sampai panen, dapat menipu tikus yang diduga sebagai lubang alamiah. Tikus yang terperangkap pada bambu tersebut dapat dengan mudah ditangkup dan dibunuh (Tandiabang *et al.* 1995).

Pengusiran tikus dapat pula dilakukan dengan cara menghasilkan bunyi-bunyian yang sangat ramai secara bersamaan, misalnya dengan memukul alat-alat dari logam. Tetapi tindakan ini bersifat sementara karena setelah itu tikus akan kembali lagi ke pertanaman.

Pemasangan perangkap hidup, perangkap mati, perangkap berperekat, dan perangkap jatuhan juga dapat dimanfaatkan untuk menekan populasi tikus.

Kimiawi

Rodentisida yang biasa digunakan untuk mengendalikan tikus adalah dalam bentuk RMB (*ready mix bait*) dan RMD (*ready mix dust*), keduanya dipakai sebagai umpan beracun. RMB yang banyak dipasarkan adalah Klerat, Storm, dan Ramortal. RMD belum beredar di pasaran karena efektivitasnya masih rendah.

Emposan dengan menggunakan bahan fumigasi efektif menurunkan populasi tikus. Jenis bahan fumigasi yang biasa dipakai adalah hidrogen

sianida, karbon monoksida, hidrogen fosfida, karbon dioksida, sulfur dioksida, dan metil bromida.

PENUTUP

Pemerintah dan masyarakat berupaya meningkatkan produksi jagung untuk mewujudkan swasembada pada tahun 2007, sebagaimana dicanangkan Pemerintah. Pengalaman pada tahun-tahun sebelumnya menunjukkan bahwa upaya peningkatan produksi jagung dihadapkan kepada berbagai kendala, antara lain serangan hama.

Dengan tersedianya informasi tentang bioekologi, gejala serangan, dan teknologi pengendaliannya, serangan hama pada tanaman jagung diharapkan dapat dikendalikan dengan baik, sehingga swasembada jagung dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, J.B. and M.E. Drew. 1964. Grain aphids in Brunswick. II. Comparative development in the greenhouse of three aphid species on four kinds of grasses. *Canadian Journal of Zoology*, 42:741-744.
- Ba Angood, S.A. and R.K. Stewart. 1980. Effect of granular and foliar insecticides on cereal aphids (Hemiptera) and their natural enemies on field barley in southwestern Quebec. *Canadian Entomologist*, 112:1309-1313.
- Baco, D. dan J. Tandiabang. 1998. Hama utama jagung dan pengendaliannya. *Dalam: Buku Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Maros.
- Baco, D. dan M. Yasin. 2001. Pengendalian penggerek jagung (*O. furnacalis*) dengan predator dan patogen. Laporan Tahunan Penelitian Hama dan Penyakit, Balitjas, Maros.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2006. Laporan Tahunan RPTP.
- Bato, S.M., T.R. Evert, and O.O. Malijan. 1983. Integrated pest management for Asia corn borer control. National Crop Protection Center. No. 9. UP.
- Biro Perencanaan Departemen Pertanian. 2006. Kebijakan pembangunan pertanian dan manajemen penganggaran berbasis kinerja. Disampaikan pada Pelatihan penyegaran program Litbang Pertanian (Reentry) bagi Purna Tugas Belajar. Ciawi 11-15 Desember 2006.

- Bio Pengendalian OPT. 2000. Belalang Kembara (*Locusa migratoria*).
www.deptan.co.id.
- Crop Protection Compendium. 2001. CABI
- Chillar, B. and A.N. Verma. 1982. Yield losses caused by the aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) in different varieties/strains of barley crop. Haryana Agricultural University Journal of Research, 12(2):298-300.
- Ching, C.C., Li Tang, and R.F. Hou. 1998. Efficacy of The Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* (Rhabditid: Steinernematidae), Agents The Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Chinese J. Entomology 18: 51-60
- Direktorat Jenderal Perlindungan Tanaman Pangan. 1984. Rekomendasi pengendalian jasad pengganggu tanaman di Indonesia. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Jakarta.
- Farrow R.A. 1990. Flight and migration in Acridoids. *In*: Chapman and Joern. (Eds.) Biology of Grasshoppers. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 227-314.
- Ganguli, R.N. and D.N. Raychaudhuri. 1980. Studies on *Rhopalosiphum maidis* Fitch (Aphididae: Homoptera)-a formidable pest of *Zea mays* (maize), in Tripura. Science and Culture, 46(7):259-261.
- Hasse, V. and J.A. Litsinger. 1980. Studies on environmental factors responsible for the reduction of the Asian Corn Borer *Ostrinia furnacalis* Guenee, in intercropped corn fields. Paper presented at the 11th National Conference of The Philippines 23-26 April 1980. Cebu City.
- Holloway, J.D. 1989. The moths of Borneo: family Noctuidae, trifine subfamilies: Noctuinae, Heliothinae, Hadeninae, Acronictinae, Amphipyrynae, Agaristinae. Malayan Nature Journal, 42(2-3):57-228.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of Crops in Indonesia. PT. Ichtiar Baru-Van Hoeve. Jakarta. 701 p.
- Kranz, J., H. Schumutterer, and W. Koch (Eds.) 1977. Diseases, Pests, and Weeds in Tropical Crops. Berlin and Hamburg, Germany: Verlag Paul Parley
- Kring, T.J. 1985. Key and diagnosis of the instars of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch). Southwestern Entomologist, 10(4):289-293.
- Lee, Y.B., C.Y. Hwang, K.M. Choi, and J.Y. Shim. 1980. Studies on the bionomics of the oriental corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenee). Korean Journal of Plant Protection, 19(4):187-192.

- Legacion, D.M. and B.P. Gabriel. 1988. Note: oviposition of Asiatic corn borer moths on corn plants. *Philippine Agriculturist*, 71(3):375-378.
- Litsinger, J.A. 1978. *Insect Pest of Maize and Shorgum*. IRRI. Los Baños. The Philippines.
- Mau, R.F.L. and J.L.M. Kessing. 1992. *Rhopalosiphum maidis* (Fitch). Honolulu, Hawaii: Hawaii Entomology Extension Service. <http://www.extento.hawaii.edu/>.
- Metcalf, R.L. and R.A. Metcalf. 1993. *Destructive and Useful Insects, Their Habits, and Their Control*. Fifth Edition. McGraw-Hill, Inc.
- Mustea, D. 1999. The main pests of maize crops in central Transylvania (Principalii daunatori ai culturii porumbului in centrul Transilvaniei). *Contributii ale cercetarii stintifice la dezvoltarea agriculturii*, 6:205-213.
- Mutuura, A. and E. Munroe. 1970. Taxonomy and distribution of the European corn borer and allied species: genus *Ostrinia* (Lepidoptera:Pyralidae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada* No.71, 112 pp.
- Nafus, D.M. and I.H. Schreiner. 1987. Location of *Ostrinia furnacalis* Guenee. Eggs and larvae on sweet corn in relation to plant growth. *Journal of econ. entomol.* 84(2): 411-416.
- Nonci, N, J. Tandiang, D. Baco, dan A. Muis. 1998. Inventarisasi musuh alami penggerek batang (*O. furnacalis*) pada sentra produksi jagung di Sulawesi Selatan. *Laporan Tahunan Penelitian Hama dan Penyakit, Balitjas, Maros* 1999.
- Pabbage, M.S., N. Nonci, dan D. Baco. 1999. Efektifitas *Trichogramma evanescens* pada berbagai umur telur penggerek batang jagung *O. furnacalis*. *Laporan Tahunan Penelitian Hama dan Penyakit, Balitjas, Maros* 2000.
- Philippine-German Crop Protection Programme (PGCPP). 1987. *Integrated Pest Management*. Corn. Bureau of Plant Industry, Department of Agriculture. San Andres, Malate, Manila. Philippines.
- Ruhendi, A. Iqbal, dan D. Soekarna. 1985. Hama Jagung di Indonesia. *Dalam: Hasil Penelitian Jagung, Sorgum dan Terigu 1980-1984*. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan Bogor, 28-29 Maret 1985. p. 99-113.
- Rochman. 1992. Biologi dan ekologi tikus, sebagai dasar pengendalian tikus, *Prosiding Seminar Pengendalian Hama Tikus Terpadu*. p. 17-30. Bogor.
- Roe, A.H. 2000. *Grasshoppers and their Control*. Extension Entomology. Department of Biology. UT. p. 1-5.

- Rothschild, G.H.L. 1971. The biology and ecology of rice stem borers in Sarawak (Malaysian Borneo). *Journal of Applied Ecology*, 8:287-322.
- Subandi, I. Manwan, and A. Blumenschein. 1988. National coordinated research program on corn. Central Research Institute for food crops. Agency for Agricultural Research and Development.
- Swastika, K.S. Dewa, F. Kasim, W. Sudana, R. Hendayani, K. Suhariyanto, V. Gerpacio, and P.L. Pingali. 2004. Maize in Indonesia, Production Systems, Constraints, and Research Priorities . CIMMYT.
- Tandiabang, J., Koesnang, S. Sama, dan D. Baco. 1995. Pengendalian tikus pada ekosistem sawah irigasi. Hasil-hasil Penelitian Hama dan Penyakit Tanaman Balittan Maros.
- Tripathi, R.N. and R. Singh. 1995. Host specificity and seasonal distribution of *Lysiphlebia mirzai* Shuja-Uddin (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Agriculture and Horticulture*, 12:283-294.
- Trujillo, A.J. and M.A. Altieri. 1990. A comparison of aphidophagous arthropods on maize polycultures and monocultures, in Central Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 31(4):337-349; 31.
- US. Department of Agriculture (USDA). 2005. World corn production, consumption and stocks local marketing years. www.ars.usda.gov. Maret, 2005.
- Waterhouse, D.F. 1993. The major arthropod pests and weeds of agriculture in Southeast Asia. The major arthropod pests and weeds of agriculture in Southeast Asia., v + 141 p.; [ACIAR Monograph No. 21]; 3 p. of ref.
- Wiseman, B.R., N.W. Wulstrom, and W.W. Mc. Millian. 1984. Increased seasonal losses in field corn to corn earworm. *J. Ca. Entomol Soc*, 19, 41-43.

Pengelolaan Penyakit Prapanen Jagung

W. Wakman dan Burhanuddin
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Salah satu kendala penting dalam upaya peningkatan produksi jagung adalah gangguan biotis yang dikelompokkan menjadi dua, yaitu gangguan oleh makroorganisme yang dikenal dengan gangguan hama, dan gangguan oleh mikroorganisme yang disebut sebagai gangguan penyakit. Mikroorganisme penyebab penyakit dikelompokkan ke dalam tiga golongan yaitu cendawan, bakteri, dan virus. Jenis penyakit yang disebabkan oleh cendawan oleh bulai, bercak daun, hawar daun, hawar upih, karat daun, busuk batang, dan gosong bengkok. Jenis penyakit yang disebabkan oleh bakteri meliputi bakteri busuk batang, hawar/layu bakteri Goss, dan layu bakteri Stewart (Shurtleff 1980). Jenis penyakit yang disebabkan oleh virus adalah penyakit virus mosaik kerdil, penyakit virus kerdil khlorotik, penyakit virus mosaik jagung, penyakit virus gores, dan penyakit virus mosaik tebu (Wakman *et al.* 2001, Shurtleff 1980).

Kehilangan hasil jagung akibat penyakit dilaporkan bervariasi. Namun, Shurtleff (1980) mengemukakan perkiraan kehilangan hasil jagung akibat penyakit dalam skala dunia mencapai 9,4%. Khusus penyakit bulai, kehilangan hasil dapat mencapai 100% pada varietas rentan (Sudjadi 1979). Penyakit bercak daun dapat menyebabkan penurunan hasil 90%, sedangkan penyakit hawar daun 70% (Sudjono 1988). Penyakit busuk batang dapat menyebabkan kerusakan tanaman hingga 65% pada varietas rentan (Wakman dan Suherman 1998).

PENYAKIT JAMUR/CENDAWAN

Hipa jamur menginfeksi tanaman jagung dapat melalui luka yang disebabkan oleh manusia, hujan es, angin, pasir tertiuap angin, serangga, nematoda, atau jamur lainnya, atau melalui lubang alami seperti hidatoda, nektar, stomata, atau penetrasi langsung menggunakan tekanan maupun enzim.

Jamur merupakan penyebab sebagian besar penyakit infeksi pada jagung yang meliputi bulai (*downy mildews*), bercak (*spots*), hawar (*blight*), dan kelainan bentuk (*deformations*). Banyak penyakit tanaman didiagnosa dengan struktur yang dibentuk oleh patogennya. Seperti halnya bakteri,

jamur di luar musim tanam jagung bertahan hidup pada bagian tanaman yang mati maupun hidup, di tanah maupun pada serangga.

Penyakit Bulai

Penyakit bulai merupakan penyakit jagung yang paling berbahaya. Penyebarannya sangat luas, meliputi semua daerah penghasil jagung di dunia seperti Filipina, Thailand, India, Indonesia, Afrika, dan Amerika. Kehilangan hasil dapat mencapai 90% (Shurtleff 1980).

Gejala

Gejala daun yang terinfeksi berwarna khlorotik, biasanya memanjang sejajar tulang daun, dengan batas yang jelas, dan bagian daun yang masih sehat berwarna hijau normal (Gambar 1a). Warna putih seperti tepung pada permukaan bawah maupun atas bagian daun yang berwarna khlorotik, tampak dengan jelas pada pagi hari. Daun yang khlorotik sistemik menjadi sempit dan kaku. Tanaman menjadi terhambat pertumbuhannya dan pembentukan tongkol terganggu sampai tidak bertongkol sama sekali. Tanaman yang terinfeksi sistemik sejak muda di bawah umur 1 bulan biasanya mati. Gejala lainnya adalah terbentuk anakan yang berlebihan dan daun-daun menggulung dan terpuntir, bunga jantan berubah menjadi massa daun yang berlebihan dan daun sobek-sobek.

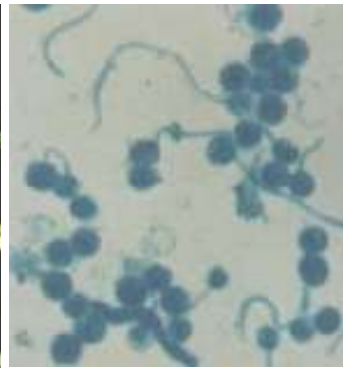
Penyebab

Shurtleff (1980), Wakman dan Djatniko (2002), serta Rathore dan Siradhana (1988) melaporkan bahwa penyakit bulai pada jagung dapat disebabkan oleh 10 spesies dari tiga generasi yaitu:

1. *Peronosclerospora maydis* (Java downy mildew)
2. *P. philippinensis* (Philippine downy mildew)
3. *P. sorghi* (Sorghum downy mildew)
4. *P. sacchari* (Sugarcane downy mildew)
5. *P. spontanea* (Spontanea downy mildew)
6. *P. miscanthi* (Miscanthi downy mildew).
7. *P. heteropogoni* (Rajasthan downy mildew)
8. *Sclerophthora macrospora* (Crazy top)
9. *S. rayssiae* var. *zeae* (Brown stripe)
10. *Sclerospora graminicola* (Graminicola downy mildew)



Gambar 1a. Gejala penularan *P. maydis*.



Gambar 1b. Konidia *P. maydis*.

Siklus Hidup

Jamur dapat bertahan hidup sebagai miselium dalam biji, namun tidak begitu penting sebagai sumber inokulum. Infeksi dari konidia yang tumbuh di permukaan daun akan masuk jaringan tanaman melalui stomata tanaman muda dan lesio lokal berkembang ke titik tumbuh yang menyebabkan infeksi sistemik. Konidiofor (Gambar 1b) dan konidia terbentuk keluar dari stomata daun pada malam hari yang lembab. Apabila bijinya yang terinfeksi, maka daun kotiledon selalu terinfeksi, tetapi jika inokulum berasal dari spora, daun kotiledon tetap sehat.

Epidemiologi

Pembentukan konidia jamur ini menghendaki air bebas, gelap, dan suhu tertentu, *P. maydis* di bawah suhu 24°C, *P. philippinensis* 21-26°C, *P. sorghi* 24-26°C, *P. sacchari* 20-25°C, *S. rayssiae* 20-22°C, *S. graminicola* 17-34°C, dan *S. macrospora* 24-28°C.

Tanaman Inang

Beberapa jenis sereal yang dilaporkan sebagai inang lain dari patogen penyebab bulai jagung adalah *Avena sativa*, *Digitaria* spp., *Euchlaena* spp., *Heteropogon contortus*, *Panicum* spp., *Setaria* spp., *Saccharum* spp., *Sorghum* spp., *Pennisetum* spp., dan *Zea mays*.

Pengendalian

Teknologi pengendalian penyakit bulai pada jagung yang umum diterapkan adalah:

- Penggunaan varietas tahan (Balitsereal 2005)
- Pemusnahan tanaman terinfeksi
- Pencegahan dengan fungisida sistemik berbahan aktif metalaksil
- Pengaturan waktu tanam agar serempak
- Pergiliran tanaman.

Penyakit Bercak Daun

Penyakit ini tersebar luas di semua negara penghasil jagung di dunia, termasuk Indonesia. Kehilangan hasil akibat penularan bercak daun *Bipolaris* dapat mencapai 50%.

Gejala

Lesio pada daun jagung biasanya memanjang di antara tulang daun dengan warna coklat muda dan ukuran mencapai 1,2 x 2,7 cm, berbentuk elip (hawar/bercak daun *maydis/carbonum/rostratum*). Lesio sering dikelilingi oleh warna coklat dan dapat terjadi di batang, upih daun, dan tongkol (Gambar 2a). Tanaman yang tumbuh dari biji terinfeksi akan layu dan mati pada umur 3-4 minggu.

Penyebab

Penyebab penyakit bercak daun pada tanaman jagung adalah *Bipolaris maydis* (Nisik) Shoemaker, yang sinonim dengan *Drechslera maydis* (Nisik) Subran dan Jani. Stadia sempurnanya adalah *Cochliobolus heterostrophus* Drecks. Perbedaan ras telah dilaporkan oleh Shurtleff (1980) dengan nama ras O dan T.

Siklus Hidup

Dalam kondisi tidak ada tanaman jagung di areal pertanaman, miselium dan spora jamur *Bipolaris* dapat bertahan hidup pada sisa tanaman dan biji terinfeksi. Konidia (Gambar 2b) diterbangkan oleh angin atau terbawa percikan air untuk sampai ke tanaman baru. Siklus hidup lengkapnya mencapai 60-72 jam (Shurtleff 1980). Pada pertanaman jagung manis yang ditanam setiap bulan sepanjang tahun di Maros, Sulawesi Selatan, penyakit bercak daun *Bipolaris* selalu terjadi sepanjang tahun, dengan intensitas yang berfluktuasi karena pengaruh curah hujan (Wakman dan Kontong 1997).

Epidemiologi/Inang

Jamur *Bipolaris* berkembang baik pada keadaan udara lembab dengan suhu 20-32°C. Ada kecenderungan bahwa *B. maydis* umumnya dijumpai di



Gambar 2a. Gejala penularan penyakit bercak daun *C. heterostrophus* (CPC 2001).



Gambar 2b. Konidia *C. heterostrophus* (CPC 2001).

Tabel 1. Jenis rumput-rumputan yang terinfeksi *B. maydis* setelah diinokulasi melalui penyemprotan konidia. Rumah Kaca, Maros, Sulawesi Selatan.

Jenis rumput-rumputan	Reaksi terhadap <i>B. maydis</i>
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv.	-
<i>Brachiaria paspaloides</i> (Presl.) C.E. Hubb.	-
<i>Brachiaria reptan</i> (L.) Gardn. & Hubb.	-
<i>Brachiria destachya</i> (L.) Stapf.	-
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	+
<i>Chloris barbata</i> Sw.	-
<i>Chrysopogon aciculatus</i> (Retz.) Trin.	-
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	+
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Beauv.	+
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.	-
<i>Digitaria nuda</i> (Schumach) (Hairy)	-
<i>Digitaria longiflora</i> (Retz.) Pers.	-
<i>Digitaria</i> sp.	-
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.	+
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Link	+
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	+
<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	+
<i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees	+
<i>Panicum repens</i> L.	+
<i>Panicum maximum</i> Lacq.	-
<i>Paspalum distichum</i> L.	+
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	-
<i>Rottboellia exaltata</i> L.	+
<i>Rhynchelytrium repens</i> Wild. C.E. Hubb.	-
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	-
<i>Setaria barbata</i>	+
<i>Polytrias amaura</i>	+
<i>Sporobolus indicus</i>	-
<i>Sorghum bicolor</i>	-

+ = terinfeksi; - = tidak terinfeksi
Sumber: Wakman *et al.* (1997).

Tabel 2. Varietas jagung bersari bebas dan hibrida yang tahan dan agak tahan terhadap *B. maydis*.

Varietas	Reaksi*)	Varietas	Reaksi*)
Bersari bebas		Hibrida	
Arjuna	T	Pioneer-2	T
Bisma	T	Pioneer-13	AT
Bromo	T	Pioneer-14	T
Harapan Baru	T	Semar-1	T
Kresna	T	Semar-2	T
Lagaligo	T	Semar-4	AT
Lamuru	T	Semar-5	T
Rama	T	Semar-6	T
Surya	T	Semar-7	T
		Semar-8	T
		Semar-9	T

*) T = Tahan, AT = Agak tahan

Sumber: Balitjas (2000), Rahanma dan Kontong (2001).

daerah dataran rendah (Shurtleff 1980). Selain jagung, jamur *Bipolaris* juga menginfeksi beberapa jenis sereal lain seperti tertera pada Tabel 1.

Pengendalian

Penyakit bercak daun *B. maydis* dapat dikendalikan dengan varietas tahan, penanaman serempak, waktu tanam yang tepat dan eradikasi gulma inang. Beberapa varietas jagung bersari bebas dan hibrida dilaporkan tahan terhadap *B. maydis* (Tabel 2).

Penyakit Hawar Daun *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard *et* Suggs

Gejala

Tanaman jagung yang tertular *Exserohilum turcicum*, gejala awalnya muncul bercak-bercak kecil, jorong, hijau tua/hijau kelabu kebasahan. Selanjutnya, bercak-bercak tadi berubah warna menjadi coklat kehijauan. Bercak kemudian membesar dan mempunyai bentuk yang khas, berupa kumparan atau perahu. Lebar bercak 1-2 cm dan panjang 5-10 cm, tetapi lebar dapat mencapai 5 cm dan panjang 15 cm. Spora banyak terbentuk pada kedua sisi bercak pada kondisi banyak embun atau setelah turun hujan, yang menyebabkan bercak berwarna hijau tua beledu, yang makin ke tepi warnanya makin muda. Beberapa bercak dapat bersatu membentuk bercak yang lebih besar sehingga dapat mematikan jaringan daun (Gambar 3a).



Gambar 3a. Gejala penularan *E. turcicum*.



Gambar 3b. Konidia *E. turcicum* (CPC 2001).

Pertanaman jagung yang tertular berat tampak kering seperti habis terbakar (Semangun 1991).

Penyebab

Penyakit hawar daun turcicum disebabkan oleh jamur *E. turcicum* (Pass.) Leonard *et* Suggs. Jamur membentuk konidiofor yang keluar dari mulut daun (stomata), satu atau dua dalam kelompok, lurus atau lentur, berwarna coklat, panjangnya sampai 300 μm , tebal 7-11 μm , secara umum 8-9 μm . Konidium lurus atau agak melengkung, jorong atau berbentuk gada terbalik, pucat atau berwarna coklat jerami, halus mempunyai 4-9 sekat palsu, panjang 50-144 (115) μm , dan bagian yang paling lebar berukuran 18-33 μm , kebanyakan 20-24 μm (Gambar 3b). Konidium mempunyai hilum menonjol dengan jelas, yang merupakan ciri dari marga *Exserohilum*. Dalam biakan murni, *E. turcicum* membentuk askus dalam peritesium. Stadium sempurna dari jamur ini disebut *Setosphaeria turcica* (Luttrell) Leonard *et* Suggs atau *Trichometasphaeria turcica* (Pass.) Luttrell (Holiday 1980, Nyvall 1979).

Penularan

Jamur *E. turcicum* dapat bertahan hidup pada tanaman jagung yang masih hidup, beberapa jenis rumput-rumputan termasuk sorgum, pada sisa-sisa tanaman jagung sakit, dan pada biji jagung. Konidium jamur ini disebarkan melalui angin. Di udara, konidium yang terbanyak terdapat menjelang tengah hari. Konidium berkecambah dan pembuluh kecambah mengadakan infeksi melalui mulut kulit atau dengan mengadakan penetrasi secara langsung, yang didahului dengan pembentukan apresorium (Semangun 1991).

Pengendalian

Hingga saat ini telah diketahui beberapa cara pengendalian penyakit hawar daun yang efektif.

Varietas tahan. Penanaman varietas tahan merupakan cara pengendalian yang mudah, murah, dan aman bagi lingkungan. Beberapa varietas yang telah diketahui ketahanannya terhadap *E. turcicum* dapat dilihat pada Tabel 3.

Sanitasi lingkungan. *E. turcicum* selain menginfeksi tanaman jagung, juga dapat merusak beberapa jenis gulma atau tanaman inang alternatif. Oka (1993) mengemukakan bahwa untuk mengendalikan penyakit tanaman, maka sumber inokulum awal (X) harus dihilangkan/dikurangi. Pengolahan tanah yang baik dan penyiangan yang sempurna dapat menekan/mengurangi sumber inokulum awal.

Budi daya. Pengaturan jarak tanam juga dapat mengendalikan *E. turcicum*. Jarak tanam yang rapat menyebabkan kelembaban udara di sekitar tanaman menjadi lebih tinggi dan suhu menjadi optimal bagi

Tabel 3. Enam dari 100 varietas jagung yang paling tahan terhadap penyakit hawar daun (*E. turcicum*) di dataran tinggi Brastagi, Sumatera Utara (Desember 2003).

Varietas	Skor hawar daun
Kenia-2	2,0
FPC 9923	3,0
IPB-4	3,0
Kenia-3	3,0
Pioneer-8	3,0
NK-11	3,0
Pioneer-12 (cek tahan)	3,5-3,8
Jagung Manis (cek rentan)	5,0

Sumber: Wakman *et al.* (2005)

perkembangan *E. turcicum*. Suhu optimal untuk pertumbuhan, pembentukan, dan perkecambahan konidia *E. turcicum* adalah 30°C (Renfro and Ultstrup 1976). Jarak tanam yang dianjurkan untuk budi daya tanaman jagung adalah 75 cm x 40 cm dengan dua tanaman tiap lubang atau 75 cm x 20 cm dengan satu tanaman tiap lubang. Sudjono (1988) menganjurkan penanaman jagung dilakukan bila curah hujan rata-rata selama 10 hari kurang dari 55 mm.

Fungisida. Jika diperlukan, penyakit ini dapat dikendalikan dengan fungisida dengan bahan aktif carbendazin 6,2% + mancozeb 73,8%, mancozeb 80%, trishloromethylthio-4-cyclohexene-1,2-dicarboximide (Muis *et al.* 2000).

Perlakuan benih. Jamur yang terbawa oleh biji dapat dimatikan dengan thiram dan karboxin, atau perlakuan udara panas selama 17 menit pada suhu 54-55°C (Holliday 1980).

Tanaman Inang (Inang Alternatif)

E. turcicum selain merusak tanaman jagung juga dapat merusak tanaman gandum (Anonim 1980).

Kehilangan Hasil

Tanaman jagung yang terinfeksi penyakit hawar daun pada fase vegetatif menyebabkan tingkat penularan yang lebih berat dibanding bila penularan terjadi pada tanaman yang lebih tua dan ini akan berpengaruh terhadap kehilangan hasil (Sumartini dan Sri Hardaningsih 1995). Namun menurut Sudjono (1988), jika tanaman jagung tertular sebelum keluar rambut (bunga betina) dapat menyebabkan kehilangan hasil 50%. Kehilangan hasil akibat *E. turcicum* dapat mencapai 100% atau puso pada tingkat penularan yang berat (Roliyah 2000).

Hawar Upih (*Rhizoctonia solani*)

Penyebaran penyakit ini meliputi daerah tropika dan subtropika.

Gejala

Gejala penyakit hawar upih ditandai oleh adanya hawar pada upih atau helai daun (Gambar 4a). Pada daun sering tampak zonasi hawar yang merupakan perkembangan infeksi harian. Pada saat cuaca lembab terbentuk badan buah yang dikenal dengan sklerotia yang semula berwarna putih dan setelah tua berubah menjadi coklat kehitaman.



Gambar 4a. Gejala penularan *T. cucumeris* (CPC 2001).

Gambar 4b. Sklerotia *T. Cucumeris* (CPC 2001).

Penyebab

Penyakit hawar upih disebabkan oleh cendawan *R. solani* f. sp. Sasaki Exner (Sharma *et al.* 1993) Sy. *R. Microsklerotia* Matz, *Corticium solani* (Prill & Delacr) Bourd. & Galz., *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, dan *Pellicularia filamentosa* (Pat) Rogers. (Shurtleff 1980), dan *R. zae* Voorhees (Sudjono 1988).

Penularan

Cendawan *R. Solani* f. sp. Sasaki membentuk badan buah yang dapat bertahan hidup lama dalam keadaan kering. Sklerotia (Gambar 4b) mudah lepas dari permukaan tanaman inang dan hanyut terbawa air bila terjadi hujan atau pengairan. Apabila menempel pada tanaman inangnya, maka cendawan akan tumbuh dan menginfeksi ke jaringan tanaman. Selain bertahan hidup dalam bentuk sklerotia, cendawan ini juga dapat bertahan dalam biji terinfeksi atau sisa-sisa tanaman di lapang (Sudjono 1988).

Tanaman Inang

Cendawan *R. solani* mempunyai banyak tanaman inang, selain dari famili rumput-rumputan juga dari famili kacang-kacangan.

Pengendalian

Penyakit hawar upih dapat dikendalikan melalui:

- Penanaman varietas tahan pada musim hujan
- Penanaman jagung sebaiknya pada musim kemarau
- Penanaman varietas yang letak tongkolnya tinggi
- Membuang (merompes) daun yang berada di bawah tongkol yang pelepahnya telah tertular hawar upih (Sudjono 1988).

Penyakit Karat Daun (*Puccinia* sp.)

Penyakit karat tersebar hampir di semua daerah penanaman jagung di dunia, meliputi Eropa, Rusia, Amerika, Afrika, Australia, dan Asia yang beriklim tropik dan subtropik (Shurtleff 1980).

Gejala

Gejala pada tanaman jagung yang terinfeksi penyakit karat adalah adanya bisul (pustules = sori), terutama pada daun (Gambar 5a). Bisul terbentuk pada kedua permukaan daun bagian atas dan bawah. Bisul dengan warna coklat kemerahan tersebar pada permukaan daun dan berubah warna menjadi hitam kecoklatan setelah teliospora berkembang (Gambar 5b). Pada saat terjadi penularan berat, daun menjadi kering.

Penyebab

Karat jagung disebabkan oleh tiga spesies dari dua genera yaitu *Puccinia sorghi* Scw., *P. polysora* Underw., dan *Physopella zae* (Mains) Cummins dan Ramachar (Syn. *Angiospora zae* Mains).

P. sorghi mempunyai uredospora berwarna coklat, berbentuk bulat sampai elip, dengan ukuran 21-30 x 24-33 μm . Tebal dinding spora 1,5-2 μm . Tiap sel mempunyai dua inti. Teliospora yang menggantikan uredospora di dalam pustul berwarna coklat keemasan, halus, berbentuk bulat sampai elip, dua sel, ukuran 14-25 x 28-46 μm . *P. polysora* dan *P. zae* mempunyai uredospora berwarna kekuningan sampai keemasan, berbentuk elip, berukuran 20-29 x 29-40 μm . Tebal dinding spora 1-1,5 μm dengan 4-5 lubang ekuator. Teliospora berwarna coklat, halus, elip, kedua ujungnya membulat, ukuran 18-27 x 29-41 μm , mudah lepas, dua sel, timbul pada tangkai pendek ukuran 10-30 μm . Aeciospranya belum diketahui.



Gambar 5a. Gejala penularan *P. sorghi* (CPC 2001).



Gambar 5b. Teliospora *P. sorghi* (CPC 2001).

Siklus Penyakit

Pada *P. sorghi*, teliospora berkecambah membentuk basidia yang memproduksi basidiospora kecil, berdinding tipis, hialin, haploid. Basidiospora berkecambah dan mengadakan penetrasi pada daun *Oxalis* spp. membentuk spermatia dengan spermatia kecil pada permukaan atas daun. Spermatia mengadakan fusi dengan hipa lentur untuk memasuki stadia aecia di permukaan bawah daun *Oxalis*, selanjutnya terbentuk aeciospora. Aeciospora berinti dua dan mudah diterbangkan oleh angin sampai jatuh pada daun jagung dan menginfeksi. Pada daun jagung uredospora terbentuk.

Pada *P. polysora*, teliospora jarang ditemukan dan tidak diketahui perkecambahannya. Uredospora berfungsi sebagai inokulum primer dan sekunder. Penyebarannya melalui angin. Belum diketahui inang lainnya. Hanya stadia uredia dan telia yang diketahui. Pada *P. zae*, siklusnya seperti pada *P. polysora*.

Epidemiologi

P. sorghi menghendaki suhu 16-23°C dan kelembaban udara tinggi. *P. polysora* dan *P. zae* cocok pada suhu tinggi (27°C) dengan kelembaban tinggi. Perbedaan ras masing-masing spesies telah diketahui dari reaksi beberapa varietas jagung. *P. polysora* tidak berkembang pada ketinggian tempat di atas 1200 m, dan di ketinggian kurang dari 900 m cocok bagi perkembangan penyakit karat.

Tanaman Inang

Oxalis adalah tanaman inang dari *P. sorghi* yang dapat diinfeksi oleh basidiospora. *Oxalis* yang terinfeksi *P. sorghi* selanjutnya memproduksi aeciospora yang mudah diterbangkan oleh angin untuk sampai ke daun jagung dan menginfeksi. Teosinte (*Euphorbia mexicana*) juga sebagai inang dari *P. sorghi*, *P. polysora*, dan *P. zae*. Plume grasses dan gamagrass dilaporkan sebagai inang dari *P. polysora* (Shurtleff 1980).

Pengendalian

Penyakit karat dapat dikendalikan dengan cara:

- Penanaman varietas tahan (Arjuna, Bromo, Rama, C3, Pioneer-2, Pioneer-3, CPI-2, Semar-1, Semar-2).
- Aplikasi fungisida pada saat mulai tampak bisul karat pada daun.

Penyakit Busuk Batang (*Fusarium*)

Penyakit busuk batang jagung tersebar luas di Eropa, Amerika, Afrika, Australia, dan Asia (Shurtleff 1980).

Gejala

Tanaman jagung tampak layu atau seluruh daun mengering (Gambar 6a). Gejala tersebut umumnya terjadi pada stadia generatif, yaitu setelah fase pembungaan. Pangkal batang yang terinfeksi berubah warna dari hijau menjadi kecoklatan, bagian dalam busuk, sehingga mudah rebah, dan bagian kulit luarnya tipis. Pada pangkal batang yang terinfeksi tersebut terlihat warna merah jambu, merah kecoklatan atau coklat (Kaiser *et al.* 1997).

Penyebab

Penyakit busuk batang jagung dapat disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum graminearum*, *Diplodia maydis*, *Gibberella zeae*, *Fusarium moniliforme*, *Macrophomina phaseolina*, *Pythium apanidermatum*, *Cephalosporium maydis*, dan *Cephalosporium acremonium* (Shurtleff 1980). Di Sulawesi Selatan, penyebab penyakit busuk batang yang telah berhasil diisolasi adalah *Diplodia* sp. dan *Fusarium* sp. (Wakman 1999, Wakman *et al.* 1998a,b, Wakman dan Suherman 1998) dan *Macrophomina* sp. (Wakman 2005).

Penularan

Cendawan patogen penyebab penyakit busuk batang memproduksi konidia pada permukaan tanaman inang (Gambar 6b). Konidia dapat disebarkan oleh angin, air hujan atau serangga. Pada waktu tidak ada tanaman, cendawan dapat bertahan pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dalam fase hifa atau piknidia dan peritesia yang berisi spora. Pada lingkungan yang



Gambar 6a. Gejala penularan *D. maydis* (CPC 2001).



Gambar 6b. Konidia *D. maydis* (CPC 2001).

sesuai untuk perkembangannya, spora akan keluar dari piknidia atau peritesia. Spora pada permukaan tanaman jagung akan tumbuh dan menginfeksi melalui akar atau pangkal batang. Infeksi awal dapat melalui luka atau membentuk sejenis apresoria yang mampu berpenetrasi ke jaringan tanaman. Spora/konidia yang terbawa angin dapat menginfeksi ke tongkol. Biji yang terinfeksi bila ditanam dapat menyebabkan penyakit busuk batang (Shurtleff 1980).

Tanaman Inang

Cendawan penyebab penyakit busuk batang jagung juga dapat menginfeksi tanaman inang lain. Tiap patogen mempunyai kisaran inang yang berbeda, ada yang sempit dan ada yang luas (Tabel 4).

Pengendalian

Secara umum, pengendalian penyakit busuk batang pada jagung disarankan secara terpadu dengan menanam varietas tahan, pergiliran tanaman yang tidak termasuk inang dan pemupukan berimbang, menghindari pemberian pupuk N dengan takaran tinggi dan pupuk K dengan takaran rendah, populasi tanaman rendah (Shurtleff 1980), drainase baik dan pemberian air juga baik (Wakman *et al.* 1998b). Hasil pengujian 54 varietas/galur jagung terhadap *Fusarium* sp. melalui inokulasi tusuk gigi terdapat 17 varietas/galur yang tinggi tingkat ketahanannya, yaitu BISI-1, BISI-4, BISI-5, Surya, Exp.9572, Exp. 9702, Exp. 9703, CPI-2, FPC 9923, Pioneer-8, Pioneer-10, Pioneer-12, Pioneer-13, Pioneer-14, Semar-9, Palakka, dan J1-C3 (Wakman dan Kontong 2002). Pengendalian penyakit busuk batang (*Fusarium*) secara hayati dengan

Tabel 4. Inang dari cendawan patogen penyebab penyakit busuk batang jagung.

Patogen	Inang	Nama penyakit
<i>Colletotrichum graminicola</i>	Jagung dan jenis rumput-rumputan lain	Antraknosa, mati pucuk
<i>Diplodia maydis</i> (<i>D. Macrospora</i>)	Jagung	Busuk batang <i>Diplodia</i>
<i>Gibberella zeae</i> (<i>Fusarium roseum</i> f. sp. <i>Cerealis</i>)	Jagung, padi, gandum, oat, barley	Busuk batang <i>Gibberella</i>
<i>Fusarium moniliforme</i>	Jagung dan tanaman lain	Busuk batang <i>Fusarium</i>
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Jagung, sorgum, kapas, kedelai, dll.	Busuk arang
<i>Phytophthora blight</i>	Banyak inang	Busuk batang <i>Phytophthora</i>
<i>Cephalosporium maydis</i>	Jagung, kapas, lupine	Layu
<i>Cephalosporium acremonium</i>	Jagung, sorgum, kedelai, gandum, oats	Hitam pembuluh

Sumber: Shurtleff (1980).

Tabel 5. Persentase penularan busuk batang *Fusarium* pada perlakuan interval aplikasi pestisida hayati *Trichoderma* dan patogen *Fusarium*.

Periode perlakuan	Busuk batang (%)	
	80 HST	87 HST
Aplikasi <i>Trichoderma</i> 2 minggu sebelum aplikasi patogen <i>Fusarium</i>	13,90 bc	23,25 b
Aplikasi <i>Trichoderma</i> 1 minggu sebelum aplikasi patogen <i>Fusarium</i>	4,20 c	19,99 b
Aplikasi <i>Trichoderma</i> 1 hari sebelum aplikasi patogen <i>Fusarium</i>	18,81 ab	39,60 a
Aplikasi patogen <i>Fusarium</i> (tanpa aplikasi <i>Trichoderma</i>)	26,52 a	43,87 a
Kontrol (tanpa <i>Trichoderma</i> dan tanpa <i>Fusarium</i>)	4,35 c	17,58 b

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT

Sumber: Talanca dan Wakman (2002).

cendawan antagonis *Trichoderma* sp. di pertanaman menunjukkan adanya penekanan tingkat penularan (Tabel 5). Aplikasi pestisida hayati *Trichoderma* dari media sekam yang ditabur pada pangkal batang jagung satu minggu sebelum inokulasi *Fusarium* mampu menekan infeksi busuk batang .

Penyakit Gosong (*Smuts*)

Penyakit gosong pada jagung tersebar luas di dunia, meliputi Amerika, Meksiko, Rusia, Afrika, Australia, Selandia Baru, Eropa, dan Asia termasuk Indonesia. Kehilangan hasil yang diakibatkannya mencapai 10%.

Gejala

Gejala awal berupa pembengkakan atau gall yang dibungkus dengan jaringan berwarna putih kehijauan sampai putih perak mengkilat (Gambar 7a dan 7b). Bagian dalam gall berwarna gelap dan berubah menjadi massa tepung spora berwarna coklat sampai hitam. Gall dapat terjadi pada semua bagian tanaman jagung. Gall pada tongkol apabila sudah mencapai pertumbuhan maksimal dapat mencapai diameter 15 cm. Gall pada daun tetap kecil dengan diameter 0,6-1,2 cm. Apabila bunga jantan terinfeksi, maka semua tongkol pada tanaman tersebut terinfeksi penyakit gosong.

Penyebab

Ada tiga penyebab penyakit gosong pada jagung. Pertama, *Ustilago maydis* (DC) Cda. (Syn. *Ustilago zae* Ung.). Teliosporanya (klamidospora) ber-



Gambar 7a. Gejala penularan *U. Maydis* (CPC 2001).



Gambar 7b. Gejala penularan *U. Maydis* (CPC 2001).

bentuk bulat sampai elip, berwarna coklat sampai hitam, diameter 8-11 μm . Spora diploid ini tumbuh membentuk promiselium dengan empat atau lebih sporidia. Infeksi dapat dilakukan langsung oleh hipa yang tumbuh dari teliospora atau dari hasil fusi antara sporidia dan hipa. Kedua, *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint. (Syn. *Sorosporium reilianum* (Kuhn) Mc Alp., *Ustilago reiliana* Kuhn. Teliospora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan sampai hitam, berdiameter 9-12 μm , berduri banyak. Teliospora berkecambah membentuk basidia dan lateral sporidia kecil, hialin, sel tunggal, agak bulat, berdiameter 7-15 μm . Teliospora dapat berkecambah membentuk hipa panjang yang bisa menginfeksi. Ketiga, *Ustilagoideae virens* (Cke.) Tak. Syn. *U. oryzae* (Pat.) Bref. Sklerotia yang masak berbentuk bulat dengan diameter 4-15 nm, berwarna hijau olive sampai hitam. Konidia berbentuk bulat sampai oval, warna hijau olive, diameter 4-7 μm , terbentuk pada semacam strigma pendek dari septa hipa berwarna hijau kekuningan.

Siklus Hidup

***U. maydis*.** Klamidospora berkecambah pada kondisi yang cocok, menghasilkan sporidia yang dapat dibawa angin atau percikan air sampai pada tanaman jagung muda. Miselium masuk ke jaringan tanaman melalui stomata, luka atau penetrasi langsung melalui dinding sel dan menstimulir sel inangnya untuk membelah.

***S. reiliana*.** Teliospora tinggal di tanah dan berkembang secara sistemik. Pada sebagian atau seluruh jaringan muncul pembekakan yang disebut sori. Sori dibungkus dengan jaringan tipis yang apabila pecah keluar massa spora.

Epidemiologi

U. maydis menghendaki keadaan iklim kering dan suhu antara 26-34°C. Periode inkubasi dari infeksi sampai timbul gall sekitar satu sampai beberapa minggu. Pemupukan N tinggi dan pupuk kandang meningkatkan penyakit gosong.

S. reiliana menghendaki suhu tanah 21-28°C dan kelembaban tanah moderat sampai rendah 15-25%. Inang dari *S. reiliana* meliputi pitscalegrass, sorgum dan sudangrass.

Pengendalian

Beberapa komponen pengendalian penyakit gosong yang dapat digunakan adalah varietas tahan, pestisida, rotasi tanaman, dan perlakuan benih.

PENYAKIT BAKTERI

Sebanyak tujuh jenis penyakit bakteri telah dilaporkan menginfeksi tanaman jagung. Patogen penyebabnya diidentifikasi berdasarkan gejala penyakit, morfologi sel dan koloni, inang spesifik, dan reaksinya terhadap berbagai uji serologi dan biokimia. Bakteri patogen umumnya bersel tunggal, batang tidak berspora, dengan panjang mencapai 3 μm . Beberapa spesies mempunyai flagela satu sampai banyak yang digunakan untuk gerakan. Bakteri disebarkan oleh manusia, hewan, percikan, aliran air, dan angin yang membawa pasir/tanah. Jaringan tanaman yang terendam air mempengaruhi tanaman untuk terjangkit bakteri. Air bebas dan suhu hangat dikehendaki untuk perkembangan bakteri patogen dan penyakit. Bakteri masuk ke tanaman melalui luka yang disebabkan oleh serangga, nematoda, dan manusia atau melalui lubang alami seperti stomata, lentisel, hydatoda, nektar, dan bekas daun.

Bakteri berkembang dalam tanaman yang menyebabkan kematian sel atau nekrosa, pertumbuhan abnormal, memblokir gerakan cairan tanaman (layu), atau menghancurkan jaringan tanaman (busuk lunak). Bakteri memparasitasi tanaman melalui kerja toksin yang dapat menyebabkan khlorosis, lanas (*watersoak*), dan gejala lainnya. Dalam kondisi yang tidak baik, bakteri bisa bertahan hidup dalam keadaan dorman di dalam tanaman yang hidup atau mati, di tanah, peralatan, dan tubuh serangga.

Penyakit Bakteri Busuk Batang (*Bacterial Stalk Rot*)

Gejala

Tanaman tiba-tiba rebah karena bagian pangkal batang yang terinfeksi bakteri menjadi lunak, berlendir berwarna coklat sampai coklat tua (Gambar 8a dan 8b). Jaringan tanaman yang terinfeksi berbau busuk. Bagian batang yang melunak tersebut terpuntir yang merupakan ciri khas penyakit ini.

Penyebab

Penyakit busuk batang jagung disebabkan oleh bakteri *Erwinia chrysanthemi* pv. *zeae* (Syn *E. carotovora* var. *zeae* Sabet, 1954). Sel bakteri berbentuk batang pendek berukuran $0,6-0,9 \times 0,8-1,7 \mu\text{m}$, mempunyai flagella peritrikus yang dapat bergerak aktif, biasanya berpasangan atau jarang dalam bentuk rantai pendek dan gram-negatif. Pada agar nutrient, koloni bakteri ini berwarna putih keabu-abuan, timbul, mengkilap, dan pinggirannya halus (rata). Pada media agar kentang glukosa pH 6,5, pinggirannya kolomnya berombak pada umur 3-6 hari.

Siklus Hidup

Bakteri dapat bertahan secara saprofit pada sisa-sisa tanaman mati dan menginfeksi tanaman jagung melalui stomata, hydatoda, atau luka pada daun maupun batang. Bakteri ini juga dapat ditularkan melalui biji dari tanaman terinfeksi.



Gambar 8a. Gejala penularan bakteri busuk batang (CPC 2001).



Gambar 8b. Gejala penularan bakteri busuk batang (CPC 2001).

Epidemiologi

Penyakit busuk batang jagung berkembang di daerah dengan curah hujan tinggi, pertanaman yang diairi dengan springkler, dan tanah yang biasa terkena banjir. Suhu yang tinggi (30-35 °C) merupakan kondisi yang sesuai bagi perkembangan penyakit ini.

Pengendalian

Penyakit bakteri busuk batang jagung dapat dikendalikan dengan varietas tahan dan menghindari banjir atau drainase perlu ditata dengan baik.

Hawar dan Layu Bakteri Goss (Goss' Bacterial Wilt and Blight)

Penyakit ini hanya dilaporkan di Amerika Serikat (Nebraska, Iowa, Kansas, South Dakota, dan Colorado) dengan kehilangan hasil jagung akibat penularannya mencapai 50%.

Gejala

Gejalanya sulit dibedakan dengan gejala penyakit bakteri layu Stewarts. Lesio terdiri atas dua bagian yang berbeda, yaitu bagian yang berwarna jerami dan bagian yang lanas (*water soak*), sejajar dengan tulang daun (Gambar 9a dan 9b). Eksudat bakteri tampak pada permukaan lesio, yang apabila mengering membentuk kristal berkilau. Infeksi dapat terjadi pada tanaman muda maupun tua, dari infeksi langsung pada daun atau melalui akar tanaman muda. Infeksi awal dapat menyebabkan tanaman jagung layu dan kemudian mati.

Infeksi sistemik menyebabkan jaringan pembuluh berubah warna. Akar bagian bawah batang yang busuk berwarna coklat berlendir, lanas atau mengering. Pada potongan melintang batang keluar eksudat bakteri berwarna oranye.

Penyebab

Penyakit hawar dan layu bakteri Goss disebabkan oleh bakteri *Corynebacterium nebraskense*. Sel bakteri berbentuk batang pendek berukuran 0,5-2,5 μm , gram positif, tidak berflagella, dan tidak dapat bergerak. Koloni pada media agar *nutrient broth-glucose-yeast extract* berwarna apricot atau oranye kapucine dan berlendir. Bakteri ini mempunyai banyak strain (Shurtleff 1980).



Gambar 9a. Gejala penularan *C. nebraskense* (CPC 2001).



Gambar 9b. Gejala penularan *C. nebraskense* (CPC 2001).

Siklus Hidup

Bakteri menginfeksi melalui luka pada daun, batang, maupun akar jagung. Bakteri dapat bertahan pada sisa-sisa tanaman terinfeksi seperti daun, batang, tongkol, dan kelobot yang ada di permukaan tanah. Infeksi primer juga dapat terjadi dari biji terinfeksi. Bakteri juga bisa hidup terbawa air irigasi.

Pengendalian

Untuk mengendalikan penyakit bakteri ini, ada tiga komponen yang dapat digunakan yaitu varietas tahan, pergiliran tanaman, dan benih sehat.

Bakteri Layu Stewarts (*Stewarts Bacterial Wilt*)

Sinonimnya adalah hawar daun Stewart's (*Stewart's leaf blight*) atau bakteriosis jagung (*maize bacteriosis*). Penyebarannya meliputi Amerika Utara bagian Timur, Meksiko, Costa Rica, Puerto Rico, Eropa Timur, Italia, Rusia, dan Cina (Shurtleff 1980).

Gejala

Tanaman yang rentan menjadi layu menyerupai kekeringan, defisiensi hara, atau terserang hama. Gejala lain adanya goresan berwarna hijau pucat atau kuning, membujur sejajar tulang daun, dengan pinggir bergelombang tidak beraturan. Goresan ini segera berubah menjadi kering dan berwarna coklat. Rongga pada empulur batang terbentuk pada tanaman yang tertular berat di dekat permukaan tanah. Bakteri berkembang dan menyebar melalui

jaringan pembuluh sampai ke biji. Beberapa varietas tampak lebih tahan dari yang lain.

Penyebab

Bakteri *Erwinia stewartii*. Sel bakteri berukuran $(0,4-0,8) \times (0,9-2,2) \mu\text{m}$, tidak berflagella dan dapat bergerak. Koloni pada media agar glukosa berwarna kuning krem, kuning lemon, atau kuning oranye dan masing-masing berbentuk datar, cembung atau cekung. Massa bakteri dapat dilihat pada potongan batang atau daun yang terinfeksi apabila dicelup pada air jernih.

Penularan

Kumbang (*Corn flea beetle*) (*Chaetocnema pulicaria* Melsh) adalah jenis vektor bakteri *E. stewartii* yang penting. Jenis vektor lainnya adalah kumbang *C. denticulata* Ill., *Diabrotica undecimpunctata howarti* Barb. dan *Phyllophaga* sp., ulat biji jagung (*Hylemya cilicrura* Rond.), dan ulat api gandum (*Agriotes mancus* Say).

Epidemiologi

Kadar N dan P yang tinggi meningkatkan kerentanan tanaman jagung terhadap bakteri layu. Sebaliknya kadar Ca dan K yang tinggi cenderung menekan kerentanan tanaman jagung.

Inang

Teosinte, rumput gama, dan jagung manis rentan terhadap bakteri *E. stewartii*.

Pengendalian

Penyakit bakteri layu stewartia dapat dikendalikan dengan penanaman varietas tahan dan pengendalian kumbang dengan insektisida karbaril.

PENYAKIT VIRUS

Lebih dari 40 jenis virus pada tanaman jagung telah dilaporkan di seluruh dunia. Namun demikian, persamaan gejala dari beberapa virus, adanya strain virus, tanaman yang terinfeksi oleh virus tunggal dan ganda, dan tidak tersedianya karakterisasi membingungkan dalam identifikasi virus di lapang. Selain itu, gejala tanaman yang terjangkit virus sering dikacaukan oleh gejala tanaman yang tertular mikoplasma atau gejala abnormal akibat kelainan genetik dan malnutrisi.

Penyakit Virus Mosaik Kerdil Jagung (*Maize Dwarf Mosaic Virus* = *MDMV*)

Penyakit ini merupakan penyakit virus jagung yang pertama dilaporkan di Indonesia. Penyebarannya sangat luas, meliputi hampir di semua negara penghasil jagung di dunia.

Gejala

Gejala jelas tampak pada daun muda, terutama pada daun yang baru membuka sebagian, berupa mosaik atau adanya warna-warna hijau muda dan tua. Warna hijau muda atau kekuning-kuningan biasanya memanjang sejajar dengan tulang daun (Gambar 10a dan 10b). Tanaman terinfeksi sedikit mengalami hambatan pertumbuhan (*stunting*) dan ukuran tongkol serta jumlah biji berkurang. Gejala yang semula jelas pada daun muda, dapat menjadi tidak jelas setelah daun menjadi lebih tua terutama pada suhu tinggi. Gejala dapat mulai tampak pada umur tanaman 15 hari setelah berkecambah.

Morfologi Partikel

Partikel virus penyebab penyakit mosaik kerdil jagung berbentuk batang lentur panjang berukuran 12-15 x 750 μm , termasuk ke dalam golongan potyvirus.

Penularan

Virus ini ditularkan secara mekanis oleh serangga vektor secara nonpersisten. Lebih dari 20 spesies aphid dilaporkan dapat memindahkan virus ini. Aphid daun jagung, *Rhopalosiphum maydis* (Fitch), kutu hijau, *Schizaphis graminum* (Rondani), dan aphid persik hijau, *Myzus persicae* (Sulzer) adalah



Gambar 10a. Gejala penularan MDMV (CPC 2001).



Gambar 10b. Gejala penularan MDMV (CPC 2001).

jenis aphid yang dilaporkan menularkan MDMV. Biji dapat menularkan virus ke tanaman berikutnya, walaupun dengan intensitas yang sangat rendah (0,05%).

Inang

Lebih dari 200 rumput rentan terhadap MDMV. Johsongrass (*Sorghum halepense*) merupakan salah satu inang yang mempertahankan virus pada saat tidak ada tanaman jagung di lapang.

Pengendalian

Penyakit virus mosaik kerdil jagung dapat dikendalikan dengan memusnahkan tanaman jagung dan inang lainnya yang terinfeksi MDMV.

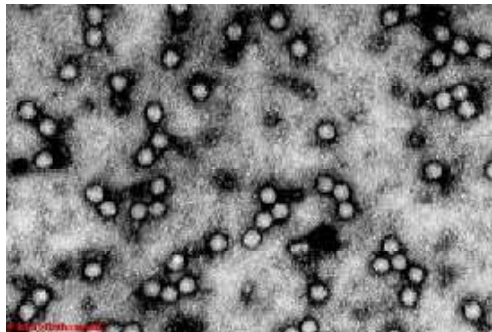
Penyakit Virus Kerdil Klorotik Jagung (Maize Chlorotic Dwarf Virus Disease = MCDV)

Gejala

Gejala awal ditandai oleh warna klorose pada daun muda di pucuk tanaman. Klorotik garis di antara tulang daun sekunder dan tersier sering tampak. Daun menguning atau kemerahan dan pemendekan ruas batang umum terjadi. Infeksi ganda MCDV dan MDMV menyebabkan gejala yang lebih berat dari gejala infeksi tunggal (Gambar 11a).



Gambar 11a. Gejala penularan MCDV (CPC 2001).



Gambar 11b. Partikel MCDV (CPC 2001).

Partikel

Partikel virus berbentuk bulat (*isometric*) dengan diameter 31 μm (Gambar 11b).

Penularan

Virus ditularkan oleh serangga vektor, wereng daun jagung *Granminella nigrifrons* (Forbes), dan *G. sonora* (Ball) secara semipersisten. Wereng masih infeksi sampai 8 jam setelah menghisap cairan tanaman terinfeksi MCDV.

Tanaman Inang

Beberapa jenis rumput telah dilaporkan sebagai inang dari MCDV, seperti Johnson grass, millet, sorgum, gandum, sudangrass, crabgrass, dan foxtails (*Setaria* spp.).

Pengendalian

Penyakit virus kerdil khlorotik jagung dapat dikendalikan dengan pemberantasan rumput inang dengan herbisida dan pemberantasan serangga vektor dengan insektisida.

Penyakit Mosaik Virus Jagung (Maize Mosaic Virus Disease = NMV)

Penyakit ini tersebar luas di daerah tropika dan subtropika seperti Hawaii, Cuba, Puerto Rico, Trinidad, Amerika Selatan, Amerika Utara, Afrika Barat, Madagaskar, Mauritius, India, Australia, dan Amerika Serikat.

Gejala

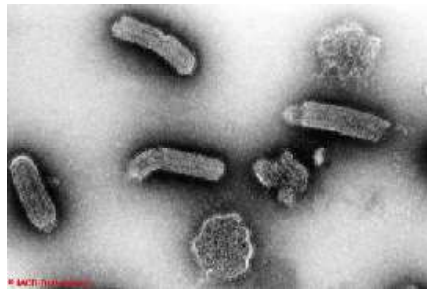
Garis khlorotik pendek sampai panjang dan bercak khlorotik pada tulang daun. Daun umumnya mempunyai garis kuning lebar dan panjang yang akhirnya menjadi nekrotik. Garis khlorotik dapat pula terjadi pada pelepah, kelobot, dan batang jagung. Tanaman muda lebih peka dari tanaman yang lebih tua (Gambar 12a).

Penyebab

Penyebabnya adalah Rhabdovirus dengan ukuran (48-90) x (225-242) μm (Gambar 12b).



Gambar 12a. Gejala penularan NMV (CPC 2001).



Gambar 12b. Partikel virus NMV (CPC 2001).

Penularan

Penyakit mosaik virus jagung (NMV) ditularkan secara persisten oleh wereng batang jagung, *Peregrinus maidis* (Ashmead). Virus dapat berkembang biak dalam tubuh serangga dalam periode inkubasi yang lama sampai seumur hidup serangga. Pada tanaman jagung muda, periode inkubasi berkisar antara 4-30 hari.

Inang

Virus mosaik jagung (NMV) dapat menginfeksi beberapa rumput liar, seperti *Rottboellia exaltata*, *Setaria vulpiseta*, dan *Zea mays mexicana*.

Pengendalian

Usaha yang dapat dilakukan untuk menekan penyebaran penyakit virus mosaik jagung adalah dengan pemberantasan vektor *P. maydis*.

Penyakit Virus Gores Jagung (*Maize Streak Virus Disease* = MSV)

Penyakit ini tersebar luas di Afrika, India, Kepulauan Mauritius, dan Madagaskar.

Gejala

Bercak kecil, bulat warna krem sampai putih, tersebar pada daun muda. Bercak berkembang memanjang dan bersambung satu sama lain membentuk goresan khlorotik tersebar merata pada seluruh permukaan daun (Gambar 13a). Goresan khlorotik yang sejajar dan bergabung sebagian atau seluruhnya membentuk garis atau potongan garis hijau di antara tulang



Gambar 13a. Gejala penularan MSV (CPC 2001).

Gambar 13b. Partikel MSV (CPC 2001).

daun. Varietas peka yang terinfeksi sejak awal pertumbuhannya memiliki ruas yang pendek dan daunnya sempit. Infeksi awal juga menyebabkan tongkol tidak terisi penuh.

Morfologi

Virus berbentuk bulat berukuran 20 nm, namun sering ditemukan berukuran 20 x 30 μm (Gambar 13b). Strain dari virus ini telah diketahui dari perbedaan spesies inangnya.

Penularan

Virus gores jagung (MSV) ditularkan oleh lima spesies wereng daun dari genus *Cicadulina*. *C. mbila* (Naude) adalah yang paling penting dari kelimanya.

Inang

Virus gores jagung menginfeksi gandum, barley, oats, rye, padi, tebu, teosinte, jewawut, dan beberapa rumput liar.

Pengendalian

Pengendalian penyakit virus gores jagung dapat dikendalikan dengan menanam varietas tahan, eradikasi tanaman yang terjangkit, dan membersihkan tanaman inang.

Penyakit Virus Mosaik Tebu (*Sugarcane Mosaic Virus* = ScMV)

Penyakit ini dilaporkan tersebar di California (USA) (Shepherd 1965), New South Wales dan Queensland (Australia) (Teakle and Moore 1972), Eropa Selatan dan Afrika (Teakle and Pritchard 1971), dan Indonesia (Wakman *et al.* 2001).

Gejala

Gejala berupa mosaik pada daun (Gambar 14a) dan tanaman yang terinfeksi pada awal pertumbuhan menjadi kerdil. Gejala awal tampak adanya spot-spot khlorotik pada daun paling muda pada pucuk. Spot-spot bertambah banyak dan membentuk garis memanjang setelah daun berkembang melebar dan selanjutnya menjadi garis-garis khlorotik pada daun (Shepherd 1965).

Morfologi

Partikel virus berbentuk batang panjang, termasuk ke dalam golongan potyvirus (Gambar 14b).

Penularan

Secara alamiah virus ini disebarkan oleh serangga vektor aphis, *Rhopalosiphum maydis* (Fitch) (Shepherd 1965). Inokulasi buatan dengan cara membuat ekstrak tanaman terinfeksi ScMV, dicampur serbuk karborundum, dan diusapkan pada daun jagung yang muda juga dapat menularkan virus (Srisink *et al.* 1994).

Inang

Virus mosaik tebu (ScMV) dapat menginfeksi beberapa tanaman sejenis rumput-rumputan, seperti *Sacharum officinale*, *Zea mays* (L.), *Bromus mollis*



Gambar 14a. Gejala penularan ScMV (CPC 2001).



Gambar 14b. Partikel virus ScMV (CPC 2001).

L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv, *Eriochloa gracilis*, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Setaria lutescens* (Weigel) F.T. Hubb., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Sorghum vulgare* Pers., dan *S. vulgare* var. *sudanense* (Piper) Hitchc. (Shepherd 1965).

Pengendalian

Penyakit virus mosaik tebu dapat dikendalikan secara terpadu dengan menanam varietas tahan, eradikasi tanaman inang lain, dan aplikasi pestisida untuk mengendalikan vektor/aphis (Teakle and Pritchard 1971).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1980. Improvement and production of maize, sorghum and millet. Breeding, Agronomy and Seed Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Vol. 2.
- Badan Litbang Pertanian. 2002. Festival jagung pangan pokok alternative. Istana Bogor 26-27 April 2002.
- Balitjas. 2000. Deskripsi varietas unggul jagung. Edisi Kedua. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. 66 p.
- Balitsereal. 2005. Deskripsi varietas unggul jagung. Edisi Keempat. Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal). 114 p.
- CPC. 2001. Crop Protection Compendium (CPC). Edition.
- Departemen Pertanian. 2004. Statistik Pertanian 2004. Deptan. 280 p.
- Holliday, P. 1980. Fungus Disases of Tropical Crops. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 607 p.
- Kaiser, A., J. Colles, J. Lawson, and C. Nicholls. 1997. Australian Maize. Kondinin Group. 144 p.
- Kasryno, F. 2002. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia selama empat dekade yang lalu dan implementasinya bagi Indonesia. Diskusi Nasional Agribisnis Jagung. Badan Litbang Pertanian di Bogor, 24 Juni 2002.
- Muis, A., S. Pakki, dan Sutjiati. 2000. Peranan varietas tahan dan fungisida dalam mengendalikan penyakit bercak daun (*Helminthosporium maydis*) pada tanaman jagung. Seminar Mingguan Balitjas, tanggal, 24 Juni 2000. 7 p.

- Nyvall, R. F. 1979. Field Crop Diseases Handbook. AVI Publ. Co., Westport, Conn., 436 p.
- Oka, I. N. 1993. Pengantar Epidemiologi Penyakit Tanaman. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 92 p.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2002. Peta: potensi lahan pengembangan jagung di Indonesia. Bahan Pameran pada Festival Jagung Pangan Pokok Alternatif di Bogor, 26-27 April.
- Rahanna, S. dan M.S. Kontong. 2001. Penyaringan ketahanan empat varietas dan galur jagung terhadap penyakit bercak daun (*Helminthosporium maydis*). Seminar Mingguan Balitjas, Jumat 15 Juni 2001. Maros, 7 p.
- Rathore, R. S. and B. S. Siradhana. 1988. Survival and inoculum buildup of *Peronosclerospora heteropogoni* on root of *Heteropogon contortus* and its control. Fifth International Congress of Plant Pathology. Book of Abstract.
- Renfro, B. L. and A. J. Ullstrup. 1976. A comparison of maize diseases in temperate and in tropical environment. PANS 22(4):491-498.
- Roliah, Y. 2000. Laporan perkembangan penyakit hawar daun pada tanaman jagung di Propinsi Sumatera Utara (Keadaan sampai 29 Februari 2000). Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Medan. 21 p.
- Semangun, H. 1991. Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Gajah Mada University. Yogyakarta. 449 p.
- Sharma, R.C., C. De Leon, and M.M. Payak. 1993. Disease of maize in South and South-East: Problem and Progress. Crop Protection 12(6):414-422.
- Shepherd, R.J. 1965. Properties of mosaic virus of corn and johnson grass and its relation to sugarcane mosaic virus. Phytopathology 55:1250-1256.
- Shurtleff, M.C. 1980. Compendium of Corn Diseases. Second Edition. The American Phytopathological Society, USA, 105 p.
- Srisink, S., P.W.J. Taylor, J.K. Stringer, and D.S. Teakle. 1994. An abrasive pad rubbing method for inoculating sugarcane with sugarcane mosaic virus. Aust. J. Agric. Res. 45:625-631.
- Sudjadi, M. 1979. Kemungkinan pemberantasan cendawan penyakit bulai (*S. maydis*) dengan fungisida Ridomil. Laporan Kemajuan Penelitian Seri Hama Penyakit No. 18. LP3 Bogor: 102-111.

- Sudjono. 1988. Penyakit jagung dan pengendaliannya. *Dalam*: Subandi, M. Syam, dan A. Wijono (Eds.). *Jagung*. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor: 205-241.
- Sumartini dan Sri Hardaningsih. 1995. Penyakit jagung dan pengendaliannya, p. 19-40. *Dalam*: Pengenalan Hama dan Penyakit Tanaman Jagung serta Pengendaliannya. Monograf Balittan Malang, No. 13. Badan Litbang Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan. Balittan Malang.
- Syuryawati, Zubachtirodin, C. Rapar, A. Makkasau, dan M. Usman. 2002. Deskripsi varietas unggul jagung. Edisi Ketiga. Balai Penelitian Tanaman Sereal. 86 p.
- Talanca, A.H. dan W. Wakman. 2002. Pengendalian penyakit busuk batang jagung secara hayati dengan cendawan antagonis. Seminar Mingguan Balitjas. 31 Mei. 11 p.
- Teakle, D.S. and A.J. Pritchard. 1971. Resistance of krish sorghum to four strains of sugarcane mosaic virus in Queenslad. *Plant Disease Report*. 55(7):596-598.
- Teakle, D. S. and R. F. Moore. 1972. Apparent effect of the N gene of sorghum on incidence of infection by A "Jhonson Grass" strain of sugarcane mosaic virus. *Aust. J. Biol. Sci.* (25):873-875.
- Wakman, W. 2005. Charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* a new disease of maize in South Sulawesi, Indonesia. Paper presented at ICCS Meeting, Malang East Java. 19-23 Sept.
- Wakman, W. 1999. Penyakit busuk batang dan tongkol jagung. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan XI PEI, PFI, dan HPTI Sul-Sel. 5 Desember 1998, Maros: 361-369.
- Wakman, W., M.S. Kontong, Koesnang, dan S. Pakki. 1998a. Penyakit pada tanaman jagung di Indonesia. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. 11-12 Nopember 1997. Badan Litbang Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan. Balitjas. 323-336.
- Wakman, W., F. Kasim, M.S. Kontong, dan Syamsuddin. 1998b. Evaluasi penyakit busuk batang jagung pada dua kebun Percobaan Maros dan Bontobili di Sulawesi Selatan. Seminar Mingguan Balitjas. Sabtu 28 Nopember 1998. 9 p.
- Wakman, W. dan H. A. Djatmiko. 2002. Sepuluh spesies cendawan penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung. Makalah Disajikan pada Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia di UNSOED Purwokerto, 7 September 2002. 10 p.

- Wakman, W. dan O. Suherman. 1998. Penyakit busuk batang jagung pada pertanaman GM30, GM26, dan GM15 induk persilangan jagung hibrida, di KP. Bajeng. Seminar Mingguan Balitjas, 19 Desember.
- Wakman, W., Koesnang, M.S. Kontong, dan S. Pakki. 1997. Rumput inang penyakit mosaik jagung dan bercak daun jagung *Helminthosporium*. Seminar Mingguan Balitjas, 7 Juni 1997, 8 p.
- Wakman, W. dan M.S. Kontong. 1997. Hubungan antara penyakit bercak daun *Helminthosporium*, *Curvularia*, dan karat pada jagung manis dengan faktor iklim. Seminar Mingguan Balitjas, 5 Juli 1997, 8 p.
- Wakman, W. dan M. S. Kontong. 2002. Identifikasi ketahanan varietas/galur jagung dari berbagai sumber yang berbeda terhadap penyakit busuk batang. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit Tahun 2002. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Wakman, W., M. S. Kontong, A. Muis, D.M. Persley, and Teakle. 2001. Mosaic disease of maize caused by sugarcane mosaic potyvirus in Sulawesi. Indonesian Journal of Agricultural Science 2(2):56-59.
- Wakman, W., M.S. Kontong, dan Hasanuddin. 2005. Resistant maize varieties against leaf blight and gray leaf spot diseases in highland of North Sumatera. Paper presented at the 9th Asian Regional Maize Workshop. 4-10 Sept. 2005. Beijing China.



Pengelolaan Hama Pascapanen Jagung

J. Tandiang, A. Tenrirawe, dan Surtikanti
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung merupakan sumber karbohidrat dan protein yang dapat digunakan sebagai bahan pangan, pakan, dan bahan baku industri. Penyimpanan jagung oleh petani, pedagang, dan produsen benih dilakukan untuk berbagai kepentingan, antara lain untuk keamanan pangan, kebutuhan benih pada musim berikutnya, dipasok ke tempat lain, atau menunggu harga yang lebih baik.

Selama penyimpanan, biji jagung dapat terserang oleh berbagai spesies serangga hama gudang dan tikus. Ada 13 spesies serangga hama yang dapat beradaptasi dengan baik dalam penyimpanan jagung, 10 spesies di antaranya sebagai hama utama yang tergolong ke dalam ordo Coleoptera, sedangkan tiga spesies masuk ke dalam ordo Lepidoptera (Granados 2000). Selain itu, sekitar 175 spesies serangga dan kutu (*mites*) merupakan hama minor. Kehilangan hasil oleh jasad pengganggu di penyimpanan diperkirakan 30%. Biji rusak mencapai 100% bila disimpan selama enam bulan di daerah tropis Meksiko (Bergvinson 2002).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusutan bobot jagung mencapai 17% bila disimpan selama enam bulan dengan kerusakan biji 85% (Tandiang *et al.* 1996). Kerusakan biji jagung oleh hama sering diikuti oleh organisme lain seperti cendawan *Aspergillus* sp. yang menyebabkan kualitas biji menurun, karena cendawan tersebut memproduksi senyawa beracun yang disebut aflatoksin.

Hama gudang dapat dikategorikan ke dalam hama utama (*primary pest*) yaitu hama yang mampu makan keseluruhan biji yang sehat dan menyebabkan kerusakan. Kumbang bubuk *Sitophilus* spp. masuk ke dalam kategori ini. Selain itu, dikenal hama sekunder yaitu hama yang menyerang dan bertahan pada biji yang telah rusak, misalnya *Tribolium* sp.

HAMA UTAMA

Sitophilus zeamais (Motsch) , Coleoptera, Curculionidae

Bioekologi



S. zeamais Motsch, dikenal sebagai dengan *maize weevil* atau kumbang bubuk, mengalami metamorfosis sempurna dan merupakan serangga yang bersifat polifag, selain menyerang jagung, juga beras, gandum, kacang tanah, kacang kapri, kedelai, kelapa, dan jambu mete (Cotton 1963, Kranz *et al.* 1980). *S. zeamais* lebih menyukai jagung dan beras (Haines 1991; Kalshoven 1981).

Hama tersebut merusak biji jagung dalam penyimpanan dan juga menyerang tongkol jagung di pertanaman. Kumbang mempunyai spot lebih terang pada permukaan sayap (Vera and Burkholder 1995). Kumbang meletakkan telur satu per satu pada lubang gerek, kemudian lubang ditutup kembali

dengan zat seperti gelatin yang berfungsi sebagai sumbat telur atau *egg plug* (Haines 1991). Keperidian imago berkisar antara 300-400 butir telur; stadia telur kurang lebih 6 hari pada suhu 25°C (Subramanyam and Hagstrum 1995, Granados 2000). Telur menetas menjadi larva, kemudian menggerek biji dan hidup dalam liang gerek yang semakin besar, sesuai dengan perkembangan larvanya. Larva terdiri atas empat instar, dengan umur kurang lebih 20 hari pada suhu 25°C dan kelembaban nisbi 70%. Pupa terbentuk di dalam biji dengan cara membentuk ruang pupa dengan mengekskresikan cairan pada dinding liang gerek (Subramanyam and Hagstrum 1995). Stadium pupa berkisar antara 5-8 hari (Bergvinson 2002). Imago yang terbentuk berada di dalam biji selama beberapa hari sebelum membuat lubang keluar dengan mulut melalui perikarp. Siklus hidupnya berkisar antara 30-45 hari pada kondisi suhu optimum 29°C, kadar air biji 14% dan kelembaban nisbi 70%. Perkembangan populasi sangat cepat bila kadar air bahan pada saat disimpan di atas 15%. Pada populasi yang tinggi, kumbang bubuk cenderung berpencar (Kalshoven 1981). Imago dapat bertahan hidup cukup lama yaitu 3-5 bulan jika tersedia makanan dan sekitar 36 hari tanpa makan (Haines 1991).

Cara Pengendalian

Pengelolaan tanaman. Serangan di lapang dapat terjadi jika tongkol terbuka. Pengelola tanaman untuk meminimalkan serangan hama, terutama penggerek batang dan penggerek tongkol, dapat mengurangi serangan kumbang bubuk di lapang. Tanaman yang kekeringan dan dengan pemberian pupuk dengan takaran rendah mudah terinfeksi busuk tongkol, sehingga mudah pula terserang hama kumbang bubuk. Panen yang tepat pada saat jagung mencapai masak fisiologis yang ditandai oleh adanya lapisan hitam pada ujung biji bagian dalam dapat mengurangi serangan kumbang bubuk. Panen yang tertunda dapat menyebabkan meningkatnya kerusakan biji di penyimpanan (Tandiabang *et al.* 1996).

Varietas tanaman. Penggunaan varietas yang mengandung asam fenolat tinggi dan asam amino rendah dapat menekan perkembangan kumbang bubuk. Galur yang relatif tinggi kandungan asam fenolat dan asam aminonya antara lain adalah ACROSS 8762, S99 TL WQ (F/D), S99 TL YQ-A, dan TOMEGIUM (Tenrirawe 2004). Varietas yang mempunyai penutupan kelobot yang baik disukai oleh petani yang menyimpan jagungnya dalam bentuk kelobot, karena dapat memperlambat serangan hama kumbang bubuk. Varietas tahan masih dalam tahap penelitian dan perakitan di CIMMYT, Meksiko. Mekanisme ketahanannya sudah diketahui, yaitu mempunyai kekerasan biji dan tingginya kandungan asam ferulik atau asam fenolat (Bergvinson 2002).

Kebersihan dan pengelolaan gudang. Kebanyakan hama gudang cenderung bersembunyi atau melakukan hibernasi pada saat gudang kosong. Oleh karena itu, pengendalian hama di dalam gudang difokuskan pada kebersihan gudang. Higienis adalah aspek penting dalam strategi pengendalian terpadu, yang bertujuan untuk mengeliminasi populasi serangga yang dapat terbawa pada penyimpanan berikutnya. Taktik yang digunakan termasuk membersihkan semua struktur gudang dan membakar semua biji yang terkontaminasi dan membuang dari gudang. Karung-karung bekas yang masih berisi sisa biji harus dibuang. Semua struktur gudang harus diperbaiki, termasuk dinding yang retak-retak di mana serangga dapat bersembunyi, dan memberi perlakuan insektisida pada dinding maupun plafon gudang. Semua kegiatan ini harus diselesaikan dua minggu sebelum penyimpanan jagung.

Persiapan biji jagung yang disimpan. Parameter penting yang dapat mempengaruhi kualitas biji, adalah kadar air biji. Kadar air biji $\leq 12\%$ dapat menghambat perkembangan kumbang bubuk. Pada kadar air 8%, kumbang bubuk tidak dapat merusak biji (Bergvinson 2002). Populasi kumbang bubuk meningkat pada kadar air biji 15% atau lebih.

Pengendalian secara fisik dan mekanis. Lingkungan perlu dimanipulasi secara fisik agar tidak terjadi pertambahan populasi serangga. Pada suhu lebih rendah dari 5°C dan di atas 35°C, perkembangan serangga akan berhenti. Penjemuran dapat menghambat perkembangan kumbang bubuk (Paul and Muir 1995). Sortasi dengan memisahkan biji rusak yang terinfeksi oleh serangga dengan biji sehat (utuh) termasuk cara untuk menekan perkembangan serangga.

Bahan nabati. Bahan nabati yang digunakan untuk melindungi biji di penyimpanan bervariasi, bergantung pada daerah dan masyarakatnya serta ketersediaan tanaman dan metode penyediaannya. Bahan nabati yang dapat digunakan yaitu daun *Annona* sp., *Hyptis spricigera*, *Lantana camara* (Bergvinson 2002), daun *Ageratum conyzoides*, dan *Chromolaena odorata* (Bouda *et al.* 2001), akar *Khaya senegalensis*, *Acorus calamus*, bunga *Pyrethrum* sp., *Capsicum* sp., dan tepung biji *Annona* sp. dan *Melia* sp. (Bergvinson 2002).

Pengendalian hayati. Pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami dimaksudkan untuk menurunkan atau menekan populasi hama. Penggunaan agensi patogen dapat mengendalikan kumbang bubuk. Aplikasi *Beauveria bassiana* pada konsentrasi 10⁹ konidia/ml dengan takaran 20 ml/kg biji dapat membunuh 50% kumbang bubuk (Hidalgo *et al.* 1998). Penggunaan parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard) juga mampu menekan perkembangan kumbang bubuk (Brower *et al.* 1995; Haines 1991).

Fumigasi. Fumigan merupakan senyawa kimia, yang dalam suhu dan tekanan tertentu berbentuk gas, dapat membunuh serangga/hama melalui sistem pernafasan. Fumigasi dapat dilakukan pada tumpukan komoditas, kemudian ditutup rapat dengan lembaran plastik. Fumigasi dapat pula dilakukan pada penyimpanan sistem kedap udara, seperti penyimpanan dalam silo dengan menggunakan kaleng yang dibuat kedap udara atau pengemasan dengan menggunakan jerigen plastik, botol yang diisi sampai penuh kemudian mulut botol atau jerigen dilapisi dengan parafin untuk penyimpanan skala kecil. Jenis fumigan yang paling banyak digunakan adalah phospine (PH₃) dan methyl bromida (CH₃Br) (Anonim 2000, Subramanyam and Hagstrum 1995).

***Rhysopecta dominica* (Fabricius), Bostrichidae, Coleoptera**

Bioekologi

R. dominica (Fab) merupakan hama utama biji jagung, sorgum, jewawut, beras, dan gaplek. Ukuran tubuhnya kecil, disebut *lesser grain borer*, menginfeksi biji dengan bau khas yang tajam. Bau ini diproduksi oleh serangga betina sebagai kumpulan feromon yang berfungsi sebagai perangkap



serangga jantan (Vera and Burkholder 1995).

Kepala hama ini berbentuk silindris dengan pronotum yang besar, kepala berada di bawah pronotum, elytra berbintik dan transparan, panjang tubuh 2-3 mm. Telur berbentuk lonjong dengan ukuran yang kecil, diletakkan satu per satu pada permukaan biji yang

kasar atau retak (Haines 1991). Produktivitas telur sekitar 500 butir. Setelah telur menetas, larva masuk ke dalam biji dan menyelesaikan siklus hidupnya di dalam biji (Vera and Burkholder 1995, Kalshoven 1981). Siklus hidupnya berkisar antara 49-69 hari pada suhu 25°C. Kumbang ini dapat merusak bahan simpanan pada kadar air 8%. Kondisi optimum untuk perkembangan kumbang adalah pada suhu 29°C dan kelembaban nisbi 70% (Paul and Muir 1995).

Cara Pengendalian

Pengendalian dengan menggunakan predator *Xylocoris flavipes*, parasitoid larva *Anisopteromalus calandrae* (Howard), dan *Lariophagus distinguendus* (Foster) dapat menekan populasi kumbang ini (Brower *et al.* 1995; Haines 1991). Selain pengendalian hayati, kebersihan gudang, wadah penyimpanan yang kedap udara, penyimpanan bahan simpan pada kadar air rendah juga dapat mengendalikan hama ini. Fumigasi menggunakan metil bomida dan fospin juga dianjurkan untuk pengendalian (Subramanyam and Hagstrum 1995).

***Sitotroga cerealella* (Olivier), Lepidoptera, Gelechiidae**



Bioekologi

Merupakan hama utama jagung, padi, sorgum, dan gandum, hama ini juga terdapat pada tanaman yang sudah tua atau pada stadia matang susu (Borror *et al.* 1981). Sisi atas sayap depan berwarna coklat pucat kekuningan dan terdapat bercak berwarna hitam di bagian tengah sayap, memiliki

sayap belakang dengan rumbai yang panjang dan lancip dengan rentangan ± 11 mm.

Ukuran serangga dewasa 3-4 mm. Telur diletakkan satu per satu atau dalam gumpalan pada biji. Telur berbentuk bulat, berwarna jernih agak mengkilap kemudian menjadi agak kemerahan dengan diameter 0,25-0,5 mm. Seekor betina dapat meletakkan telur sebanyak 40-150 butir, stadia telur 5-10 hari (Vera and Burkholder 1995). Setelah telur menetas, larva menggerak biji dan berkembang dalam biji. Pada suhu 30°C dan kelembaban nisbi 80%, larva dapat bertahan hidup selama ± 19 hari. Sebelum membentuk pupa, larva instar terakhir keluar dari biji dengan membentuk jendela pada perikarp dan kemudian membentuk pupa. Stadia pupa 5 hari pada suhu 30°C. Setelah menjadi imago, serangga dewasa terdorong keluar melalui jendela perikarp dengan meninggalkan lubang yang merupakan ciri khas dari serangga ini. Siklus hidup serangga 25-28 hari pada suhu 30°C dan kelembaban nisbi 80% (Granados 2000, Haines 1991). Masa hidup imago sangat pendek, 7-14 hari dan tidak dapat makan biji (Akker and Giga 1992). Hama ini dominan pada biji yang kering (Bergvinson 2002).

Cara Pengendalian

Pengendalian secara hayati dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Bacillus thuringiensis* (Berliner) dan NPV yang penetrasinya melalui telur (Brower *et al.* 1995). Parasit larva berupa *Pteromalus semotus* (Walter) dan *Bracon hebetor* (Say), parasit telur berupa *Tricogramma principium*, dan predator *Blattisocius tarsalis* (Berlese) dapat mengendalikan hama ini (Haines 1991). Penjemuran biji jagung sampai mencapai kering sempurna, penyimpanan dalam kemasan yang padat dan kering, tempat penyimpanan bersih dan kering dapat mencegah serangan hama ini.

Trogoderma granarium (Everts), Coleoptera, Dermestidae



Bioekologi

Hama ini merupakan hama penting biji serealia. Biji yang terserang akan dikotori oleh rambut dan kulit serangga setelah berganti kulit (*moulting*). Populasi larva yang tinggi dapat menyebabkan kondisi gudang kurang sehat. Hama ini cepat berkembang pada daerah kering dan panas, diduga berasal

dari Punjabi India dan telah dilaporkan keberadaannya di Amerika Serikat. Hama ini dikenal dengan nama *Kapra beetle* (Vera and Burkholder 1995, Granados 2000).

Selain menyerang biji jagung, kumbang ini juga menyerang gandum, padi, dan kue dari bahan baku bijian tersebut (Anonim 2000). Kumbang berbentuk oval, berbulu warna coklat kemerah-merahan, kumbang betina lebih besar daripada kumbang jantan. Kumbang betina mengalami ganti kulit lima kali, sedangkan kumbang jantan empat kali. Larva aktif bergerak dan makan biji. Kumbang betina hanya membutuhkan satu kali kopulasi, preoviposisi 2-3 hari (Haines 1991). Kumbang betina dapat meletakkan telur 35-90 butir dan menetas 3-4 hari setelah diletakkan. Siklus hidup 26 hari dari telur hingga dewasa pada suhu 34°C. Pembentukan pupa pada permukaan dan retakan biji dengan stadia 5-8 hari, umur imago $\pm$ 14 hari dan tidak dapat terbang (Granados 2000, Haines 1991, Vera and Burkholder 1995).

Cara Pengendalian

Pengendalian dengan menggunakan musuh alami dapat memanfaatkan predator *Amphibolus venator* (Klug) dan parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Dinarmus basalis* (Rondani), *Holepyris* spp. (Haines 1991). Pengendalian menurut peraturan karantina perlu dilakukan dengan ketat, terutama pada negara-negara di mana hama ini belum ada.

Ephestia cautella (Walker), Lepidoptera, Pyralidae



Bioekologi

Hama ini juga merupakan hama penting produk serealia, khususnya tepung serealia, kacang, dan coklat. Imago berwarna abu-abu dengan panjang tubuh 8-12 mm. Sayap depan berwarna keabu-abuan dengan dua noda hitam berbentuk zigzag pada tiap sayap. Jika istirahat, ngengat mengangkat tungkai depan yang merupakan ciri khas serangga ini.

Setelah kopulasi, serangga betina langsung meletakkan telur pada gumpalan tepung atau pada wadah simpan. Serangga betina dapat meletakkan telur pada umur imago 4-5 hari. Telur diletakkan $\pm$ 300 butir dan menetas pada umur 3-6 hari setelah diletakkan. Larva yang baru menetas mulai

memintal benang sutra, sehingga menyerupai tabung kecil sebagai tempat tinggal. Larva aktif dan lebih menyukai bagian embrio jagung dan menyisakan bijinya. Larva terdiri dari lima instar. Siklus hidup larva pada suhu optimum 34°C dan kelembaban nisbi 70% mencapai 22 hari (Haines 1991, Granados 2000), Stadia pupa $\pm$ 7 hari sehingga siklus hidup dari telur sampai dewasa 29-31 hari. Bila suhu di bawah 15°C dengan kelembaban nisbi 50%, perkembangannya akan terhenti (Haines 1991).

Cara Pengendalian

Pengendalian dengan musuh alami berupa parasitoid *Bracon hebetor* (Say), *Bacillus thuringiensis* (Berliner), dan predator *Blattisocius tarsalis* (Berlese), dapat menekan perkembangan hama ini. Penjemuran biji beberapa kali pada terik matahari dan penyimpanan pada tempat kering dapat menekan perkembangannya. Pengendalian dapat pula dengan fumigasi menggunakan fospin (Brower *et al.* 1995).

Prostephanus truncatus (Horn) Coleoptera, Brostishidae



Bioekologi

Penampilan dan habitatnya mirip dengan *Ryzopertha dominica* kecuali serangga dewasa lebih besar, berwarna lebih gelap, sayap lebih halus dan mengkilap sehingga diberi nama *Larger Grain Borer*. Kumbang ini berasal dari Meso, Amerika, yang tanpa sengaja masuk ke Tanzania dan Togo.

Kumbang ini berkembang dan meluas di Afrika Barat dan Timur dan merupakan hama gudang yang sangat merusak (Hodges *et al.* 1983). Belum ada laporan keberadaan hama ini di Indonesia. Kumbang berukuran 3-5 mm, silindris, dan berwarna coklat tua. Kumbang dewasa membuat lubang di biji dan langsung makan biji. Kumbang betina membuat lubang pada biji dan meletakkan telur secara kelompok. Jumlah telur yang diletakkan seekor betina mencapai 400 butir. Stadia telur adalah 3 hari pada suhu 27°C. Siklus hidup larva sampai imago berlangsung 27 hari pada suhu optimum 32°C dan kelembaban nisbi 80% (Bergvinson 2002, Hodges and Meik 1984). Kumbang dewasa dan larva selain menyukai jagung yang masih bertongkol, juga menyukai gaplek (Akker and Giga 1992).

Cara Pengendalian

Musuh alami yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan kumbang ini di antaranya *Teretriosoma nigrescens* (Lewis). Aksi musuh alami ini mulai tampak setelah populasi kumbang meningkat dengan kerusakan biji 20-30% (Haines 1991, Bergvinson 2002). Sanitasi, kebersihan gudang, dan pengeringan, merupakan salah satu cara pengendalian untuk mengantisipasi perkembangan hama di Indonesia, pemantauan hama lewat karantina perlu mendapat perhatian.

HAMA SEKUNDER

Tribolium confusum (Duval) dan *Tribolium castaneum* (Herbest), Coleoptera, Tenebrionidae



Bioekologi

Merupakan hama sekunder pada biji serealia setelah mendapat kerusakan fisik oleh hama primer, hama ini juga menyukai kacang tanah, kakao, kopi, dan buah kering, dikenal sebagai kumbang tepung (*flour beetle*). Telur dan pupa dimakan oleh serangga dewasa, serangga jantan memilih makan pupa sedangkan serangga betina memilih telur.

Serangga betina dapat berkopulasi beberapa kali. Serangga dewasa dapat diketahui dari jalur yang mereka bangun pada saat bergerak melewati tepung atau bahan makanan yang berbentuk butiran. Jika terserang berat, produk tersebut berwarna kuning keabu-abuan dan berjamur dengan bau menyengat. Jumlah telur yang dapat diletakkan sekitar 450 butir. Serangga betina meletakkan telur lebih dari 2 bulan; pada suhu 25°C meletakkan telur rata-rata 2,5 butir per hari, sedang pada suhu 32,5°C rata-rata 11 butir telur setiap hari. Telur menetas 2-7 hari setelah diletakkan dan larva mengalami ganti kulit sebanyak 7-8 kali. Stadium larva berlangsung 3-12 hari dan stadium pupa 3-7 hari. Bila kondisi optimal, perkembangan telur sampai imago hanya 20 hari. Imago dapat hidup sampai 6 bulan (Haines 1991).

Cara Pengendalian

Pengendalian dengan musuh alami dapat memanfaatkan *Acarophenax tribolii* (Newstead), *Holepyris sylvanidis* (Brethes), dan predator telur *Blattisocius tarsalis* (Berlese), *Xylocoris flavipes* (Reuter). Populasi *T. confusum* dapat dipantau dengan lubang perangkap, kantong umpan, dan perangkap umpan dengan serangga jantan yang memproduksi feromon agregasi (Haines 1991). Pengendalian dapat dilakukan dengan cara penjemuran produk secara sempurna. Fumigasi dapat dilakukan namun perlu hati-hati untuk produk yang dikonsumsi (Kartasapoetra 1987).

Plodia interpunctella (Hubner), Lepidoptera, Pyralidae



Bioekologi

Hama ini tersebar di daerah beriklim tropis dan dikenal dengan nama *the Indian meal moth* atau ngengat tepung India, dapat bertahan hidup di daerah bersuhu rendah, menyukai produk sereal, kakao, kacang-kacangan, susu bubuk, dan buah-buahan kering. Pada produk biji-bijian yang disimpan dalam kaleng, kerusakan terjadi hingga kedalaman biji 20 cm.

Biji yang dirusak, lapisan atasnya hancur sama sekali dan terkontaminasi dengan kotoran yang bercampur dengan kulit pupa (Granados 2000). Setelah kopulasi, serangga betina meletakkan telur hingga 400 butir, diletakkan satu per satu secara kelompok. Pada suhu 30°C dan kelembaban nisbi 70%, telur menetas sekitar 4 hari setelah diletakkan. Larva berwarna putih kotor dan kadang-kadang berwarna kehijauan. Larva mengalami 4-7 kali ganti kulit dan menjadi pupa setelah 16 hari pada fotoperiode 16 jam terang dan 8 jam gelap. Larva memanfaatkan benang-benang liurnya dan sisa material yang telah dirusak atau kotoran membentuk kokon untuk kepompong. Kokon melekat pada bahan simpanan yang masih baik. Stadia pupa berlangsung selama 7 hari. Siklus hidup dari telur sampai imago berlangsung 27 hari pada suhu 30°C dan kelembaban nisbi 70%. Pada suhu 20°C dan kelembaban nisbi 70%, siklus hidupnya mencapai 52 hari (Haines 1991, Akker and Gega 1992, Kartasapoetra 1987).

Cara Pengendalian

Pengendalian dapat memanfaatkan parasitoid *Trichogramma evanescens* (Westwood), *Bracon hebetor* (Say), dan predator *Xylocoris flavipes* (Reuter). Larva dapat dikendalikan dengan bakteri *Bacillus thuringiensis* (Berliner), granulosis virus, dan protozoa *Nozema heterosporum* (Kellen). Untuk mengurangi serangan hama ini dapat diupayakan dengan cara penjemuran produk beberapa kali (Kartasapoetra 1987).

Cryptolestes sp., Coleoptera, Curculionidae



Bioekologi

Hama ini ada dua spesies yaitu *C. pusillus* dan *C. ferrugineous*. dan merupakan hama gudang utama biji-bijian. Biasanya *C. pusillus* menyerang bahan makanan yang telah dirusak misalnya oleh kumbang bubuk *S. zeamais*. Telur berwarna putih yang berukuran sangat kecil. Larva berbentuk pipih memanjang berwarna putih

kekuning-kuningan. Pupa terdapat di dalam kokon yang terbentuk dari partikel-partikel bahan makanan yang dijalinnya dengan semacam lem.

Tubuh imago sangat pipih memanjang dan berwarna coklat terang. Pada serangga jantan antenanya relatif panjang (1,5 mm) satu setengah kali dari panjang tubuh, sedangkan pada serangga betina antenanya lebih pendek dari setengah panjang tubuh. Telur diletakkan pada retakan biji atau celah-celah bagian yang diserang, karena larva hanya makan pada biji yang pecah utamanya pada bagian germ (bakal kecambah) (Granados 2000). Seekor imago dapat meletakkan telur sampai 200 butir selama hidupnya. Stadium telur lima hari, sedang stadia larva 21 hari pada suhu 35°C dan kelembaban nisbi 75%. Pupa melengket pada bahan makanan dengan gelatin yang dikeluarkan larva. Perkembangan hama ini tergantung suhu. Siklus hidup *C. ferrugineous* pada suhu 33°C dan kelembaban nisbi 70% adalah 23 hari sedangkan siklus hidup *C. pusillus* pada suhu 33°C dan kelembaban nisbi 80% adalah 27-30 hari. (Haines 1991). Imago dapat hidup 6-12 bulan (Anonim 2000).

Cara Pengendalian

Pengendalian hama ini dapat dilakukan dengan penggunaan parasit *Mattesia dispora* (Weiser), dan predator *Cephalonomia waterstoni* (Gahan) (Haines 1991). Pengendalian juga dapat dilakukan dengan pengeringan sempurna jika poduk telah menunjukkan gejala serangan.

Oryzaephilus surinamensis (L.), Coleoptera, Silvanidae



Bioekologi

Kumbang ini mempunyai thorax yang bergerigi seperti gigi gergaji, sehingga disebut *the saw footed grain beetle*, atau kumbang pengerek gergaji. Hama ini menyukai beras, biji kacang tanah, biji kakao, dedak, buah-buahan kering, dan cenderung menyukai bahan yang mengandung lemak (Haines 1991).

Biji jagung dengan persentase pecah yang tinggi, atau telah terserang oleh hama primer, akan mendapat serangan yang tinggi dan mendorong terjadinya pemanasan (Anonim 2000). Kumbang dewasa berukuran panjang 5 mm, berwarna coklat tua, bentuk pipih agak langsing, kepala mirip segitiga, tampak jelas bergaris-garis secara membujur. Panjang tubuh imago 2,5-3,0 mm. Pada kiri dan kanan pronotum terdapat gerigi yang masing-masing berjumlah enam buah, Pada bagian dorsal pronotum terdapat tiga kerut membujur. Telur berwarna putih kekuningan, berbentuk bulat. Larva berbentuk pipih memanjang dengan warna putih kekuningan. Pupa terbentuk dalam suatu kokon yang terbuat dari sisa gresakan makanan. Telur diletakkan satu per satu atau secara terpisah pada sisa gresakan hama primer, atau celah-celah di antara bahan makanan. Seekor imago betina dapat meletakkan telur sebanyak ± 200 butir. Stadium telur berkisar antara 3-17 hari. Larva hidup dengan memakan biji sereal yang pecah. Stadium larva berkisar 12-20 hari. Larva mengalami 2-4 kali ganti kulit. Stadium pupa 6-12 hari. Siklus hidup berlangsung 25-30 hari pada suhu optimum 30-33°C dan kelembaban nisbi 70% (Haines 1991).

Cara Pengendalian

Hama ini dapat dikendalikan dengan penggunaan granulosis virus dari ngengat *Plodia interpunctella* yang terinfeksi dan predator *Xylocoris flavipes* (Reuter), dengan protozoa *Nosema oryzaephili* (Burgess) (Haines 1991).

Pengendalian juga dapat dilakukan dengan pengeringan biji secara sempurna sebelum disimpan pada ruangan yang bersih dan kering.

***Carpophilus* sp., Coleoptera, Nitidulidae**



Bioekologi

Hama ini menyerang berbagai komoditas seperti jagung, kacang tanah, biji pala, dan kopra. Ia juga menyukai produk dengan kadar air rendah, sehingga disebut *dried fruit beetle*. Kerusakan yang diakibatkan oleh hama ini relatif tidak berarti, tetapi jika serangan terjadi bersama hama lain kerugian yang ditimbulkan cukup besar. *C. humeralis* dijumpai merusak tongkol jagung di Jawa (Kartasapoetra 1987).

Tubuh imago berwarna coklat dengan panjang 20-35 mm, bentuk tubuh oval, pipih memanjang. Larva berwarna putih ke kuning-kuningan, dengan ukuran 6-7 mm. Imago betina meletakkan telur sampai 1.000 butir. Telur akan menetas 2-3 hari setelah diletakkan. Larva terdiri dari tiga instar. Stadia larva berlangsung 6-14 hari. Pupa terbentuk pada komoditas atau di permukaan karung. Stadia pupa berlangsung 5-11 hari. Imagonya adalah penerbang yang aktif. Lama hidup imago dapat mencapai satu tahun, rata-rata tiga bulan. Siklus hidup serangga ini 26 hari pada suhu 32,5°C dan kelembaban nisbi 90% (Haines 1991).

Cara Pengendalian

Hama ini dapat dikendalikan dengan parasit *Zeteticontus utilis* (Noyes) (Haines 1991). Pengendalian dapat dilakukan dengan cara penjemuran atau pengeringan produk simpanan. Bahan simpanan yang telah dijemur dimasukkan ke dalam kantong plastik tebal. Ruang penyimpanan sebaiknya bersih dan kering (Kartasapoetra 1987).

DAFTAR PUSTAKA

- Akker, Servi van Den, and D. Giga. 1992. Manual on food grain post production technologies and practices for small holder in Zimbabwe. FAO/UNDP. Agritex. p. 77-102.
- Anonim. 2000. Manual on grain storage at farm level. Storage and Res. Division Ministry of Consumer Affairs. Food and Public Distribution. Government of India. New Delhi. 62 p.
- Bergvinson, D. 2002. Post Harvest Training Manual. Major Insect Pest Maize in Stored. CIMMYT, Mexico. 58p.
- Borror, D.J., D.M. De Long, dan C.A. Triplehorn. 1981. An Introduction to the Study of Insect. Saunders College Publishing. p. 356-549.
- Bouda, H., L.A. Paponjou, D.A. Fonten, and M.Y.D. Gumedzoe. 2001. Effect of essential oil from leaves *Ageratum conyzoides*, *Lantara camara*, and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais*. J. Stored Product Research, 37: 103-109.
- Brower, J.H, S. Lincoln, V.V. Patrick, and W.F. Paul. 1995. Biological control. Integrated Management of Insect in Stored Products. New York. Marcel Dekker, Inc. p.1-39.
- Cotton, R.T. 1963. Pest of Stored Grain and Grain Products. Burgess, Minneapolis 15. Min. 306 p.
- Granados, G. 2000. Maize Insect. In: Tropical Maize. Improvement and Production. By R.L. Paliwal and G. Granados (Eds.). Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome. p. 81-92.
- Haines, C.P. 1991. Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification. (A Training Manual). Natural Resources' Institute, Central Avenue, United Kindom, 246 p.
- Hidalgo, E., D. Moore, and G. Le. Patourel. 1998. The effect of different formulation of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* on stored maize. J. Stored. Prod. Res. No.2/3. p.171-179.
- Hodges, R.J., W.R. Dustan, I. Magazini, and Golob. 1983. An outbreak of *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera, Brostishidae) in East Africa. Protection Ecology, 5:183-194.
- Hodges, R.J., and J. Meik. 1984. Infestation of maize cob by *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera, Brostishidae)- Aspects of biology and control. Journal of Stored Product Research, 20, 205-213.

- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of Crops in Indonesia. Revised and Translated by P.A. van der Laan. PT. Ichtiar Baru – van Hoeve, Jakarta. 701 p.
- Kartasapoetra, A.G. 1987. Hama Hasil Tanaman dalam Gudang. Bina Aksara Jakarta. 57 p.
- Kranz, J, H. Schmutterer, and W. Koch. 1980. Diseases, Pest and Weed in Tropical Crops. New York: John Wiley and Sons. 666 p.
- Paul, G.F, and W.E.Muir. 1995. Physical control. Integrated Management of Insect in Stored Products. New York. Marcel Dekker. Inc. p.1-39.
- Subramanyam, B. and D.W. Hagstrum. 1995. Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker Inc. 426 p.
- Tandiabang, J.,S. Masud, dan M.S.Pabbage. 1996. Kehilangan hasil oleh kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* dengan penundaan panen. Hasil Penel. Hama dan Penyakit 1995/96. Balai Penel. Tan. Jagung dan Serealia Lain. p. 36-39.
- Tenrirawe, A.A. 2004. Pengujian ketahanan galur jagung berprotein tinggi (QPM) terhadap kumbang bubuk *Sitophilus Zeamais Motsch.* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis S2, IPB (Belum dipublikasi)
- Vera, K. and W. Burkholder. 1995. Stored Product Insect and Biological Control Agents. Stored Product Management. U.S. Department of Agriculture. p. 85-101.

Pengelolaan Penyakit Pascapanen Jagung

Syahrir Pakki dan A. Haris Talanca
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung adalah tanaman yang penting untuk pangan dan pakan. Lebih dari 120 juta ha lahan kering pada berbagai area di dunia menjadi media utama pengusahaannya (Pingali 2001). Di Indonesia, selain pada lahan kering, jagung diusahakan pada lahan sawah setelah panen padi dengan produktivitas mencapai sekitar 7,0 t/ha (Puslitbangtan 2006).

Dalam kaitan kehilangan hasil jagung, organisme pengganggu tanaman (OPT) menjadi penyebab penting apabila menginfeksi tanaman pada fase vegetatif, semakin muda tanaman terinfeksi semakin besar peluang kehilangan hasil. Selanjutnya pada fase pascapanen, OPT yang perlu menjadi perhatian adalah hama kumbang bubuk dan patogen tular benih yang menyebabkan penurunan kualitas hasil. Biji jagung, baik sebagai pakan, maupun pangan mudah rusak akibat faktor eksternal dan internal, sehingga kurang bermanfaat, bahkan dapat membahayakan kesehatan manusia dan ternak yang mengonsumsinya.

Salah satu faktor eksternal yang berpengaruh terhadap kualitas pangan dan pakan dari jagung adalah infeksi cendawan *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., dan *Penicillium* spp. Cendawan tersebut dominan ditemukan pada jagung dalam penyimpanan (Muis *et al.* 2002). Infeksi awal terjadi pada fase *silking* di lapang, kemudian terbawa oleh benih ke tempat-tempat penyimpanan (Schutless *et al.* 2002). Patogen-patogen tersebut kemudian berkembang dan memproduksi mikotoksin, sehingga bahan pakan menjadi rusak dan bermutu rendah. Di daerah beriklim tropis, suhu, curah hujan, dan kelembaban yang tinggi serta media penyimpanan tidak memadai, sangat mendukung perkembangan patogen-patogen tersebut.

Secara umum pengertian mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan seperti *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., dan *Penicillium* spp. adalah hasil metabolisme sekunder yang bersifat toksik. Bath dan Miller (1991) serta Munclovd (2003) melaporkan bahwa mikotoksin dari *A. flavus* banyak mencemari produk-produk pertanian di berbagai negara. Di Indonesia, aflatoksin juga merupakan mikotoksin yang dominan mencemari produk pertanian, terutama jagung dan kacang tanah (Bachri 2001).

Selain aflatoksin, *Fusarium* spp. dapat memproduksi fumonisin dan cukup banyak ditemukan pada tanaman pangan sebagai mikroorganisme pencemar produk komoditas pertanian (Oren *et al.* 2003). *Penicillium* spp. dapat memproduksi toksin ochratoxin. Mekatoksin-mekatoksin tersebut menjadi salah satu penyebab kanker dan penurunan kekebalan tubuh pada manusia dan ternak.

Di Indonesia, fumonisin dan ochratoxin belum banyak dilaporkan, namun pencemaran aflatoksin diperkirakan telah lama terjadi sebagaimana yang dilaporkan Ginting (1986) bahwa kandungan aflatoksin pada jagung cukup tinggi.

Untuk mengatasi penurunan kualitas produk-produk pertanian maka masalah mikotoksin pada bahan baku pangan dan pakan perlu mendapat perhatian. Kewaspadaan yang lebih awal diharapkan dapat menjadi salah satu cara dalam upaya peningkatan mutu produk jagung. Hal tersebut dapat diupayakan dengan mengkombinasikan pemahaman terhadap pengetahuan biologi, inang, sebaran, toksisitas, dan komponen pengendalian lainnya.

Data dan informasi yang dikemukakan pada bahasan dimaksudkan untuk memberikan pemahaman tentang penyakit pascapanen jagung dan upaya untuk menekan sekecil mungkin penurunan kualitas dan kuantitas hasil, akibat penyakit tersebut.

PATOGEN *Aspergillus* Spp.

Sebaran dan Gejala

Aspergillus spp. pertama kali dilaporkan di Turki pada tahun 1960, kacang tanah yang diimpor dari Brasil tertular berat dan menyebabkan kerugian yang besar bagi usaha tanaman kacang tanah dan toksinnya pada waktu itu diberi nama aflatoksin (Swindale 1987). *Aspergillus* spp. kemudian dilaporkan di banyak negara, dan menjadi kendala, terutama dalam kualitas biji-bijian sebagai bahan pangan dan pakan. Christensen dan Meronuck (1986) melaporkan bahwa dari 33 spesies yang ditemukan, *A. flavus* dan *A. parasiticus* adalah cendawan yang mempunyai kesamaan yang erat dan menginfeksi biji-bijian dan beberapa jenis tanaman lainnya.

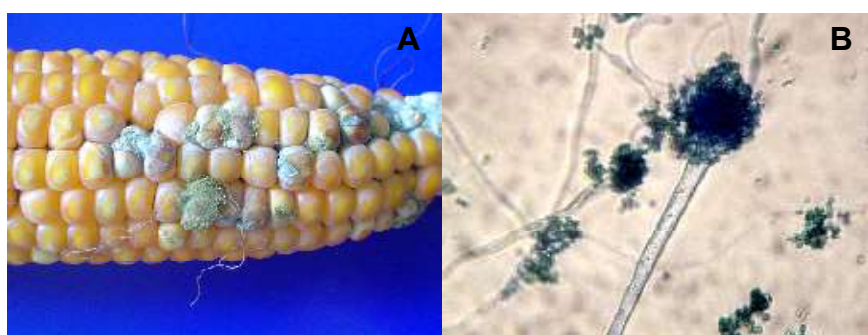
Dari beberapa spesies *Aspergillus* spp., *A. flavus* teridentifikasi sebagai penyakit penting yang menginfeksi biji jagung. Inang utama *A. flavus* adalah jagung, kacang tanah, dan kapas. Penyakit ini mempunyai banyak inang alternatif, sekitar 25 jenis tanaman, khususnya padi, sorgum, dan kacang tunggak (CAB International 2001). Pakki dan Muis (2006) melaporkan bahwa

A. flavus ditemukan pada fase vegetatif dan generatif tanaman, serta pascapanen jagung.

Pada jagung, gejala *Aspergillus* spp. ditandai cendawan berwarna hitam, (spesies *A. niger*) dan berwarna hijau (*A. flavus*). Infeksi *A. flavus* pada daun menimbulkan gejala nekrotik, warna tidak normal, bercak melebar dan memanjang, mengikuti arah tulang daun. Bila terinfeksi berat, dan berwarna coklat kekuningan seperti terbakar. Gejala penularan pada biji dan tongkol jagung ditandai oleh kumpulan miselia yang menyelimuti biji (Gambar 1A). Hasil penelitian Pakki dan Muis (2006) menunjukkan adanya miselia berwarna hijau dan beberapa bagian agak coklat kekuningan. Pada klobot tongkol jagung, warna hitam kecoklatan umumnya menginfeksi bagian ujung klobot, perbedaan warna sangat jelas terlihat pada klobot tongkol yang muda.

Bentuk konidia bulat sampai agak bulat umumnya menggumpal pada ujung hipa (Gambar 1B) berdiameter 3-6 μm , sklerotia gelap hitam dan kemerahan, berdiameter 400-700 μm . Konidia *A. flavus* dapat ditemukan pada lahan pertanian. Pada areal pertanaman kapas, *A. flavus* ditemukan lebih dari 3.400 koloni/g tanah kering, dan pada area lahan pertanaman jagung 1.231/g tanah kering (Shearer *et al.* 1992). Keadaan ini menggambarkan bahwa populasi koloni pada media tumbuh jagung dapat menjadi sumber inokulum awal untuk perkembangannya. Perkembangan sklerotia dari tanah sampai mencapai rambut jagung hanya dalam tempo 8 hari (Wicklow *et al.* 1984).

Dari 33 spesies yang telah dilaporkan (CAB International 2001), *A. flavus* merupakan spesies dominan yang menginfeksi jagung. *A. flavus* merupakan patogen utama pada pascapanen jagung dan banyak mendapat perhatian para peneliti mikotoksin di Indonesia. Patogen ini memproduksi toksin dan menginfeksi komoditas pertanian yang dikonsumsi manusia maupun



Gambar 1. Gejala visual dan bentuk konidia *A. flavus*.
Sumber: Pakki (koleksi pribadi)

Tabel 1. Beberapa spesies *Aspergillus*.

Spesies	Spesies	Spesies
<i>carbonarius</i>	<i>japonicus</i>	<i>restrictus</i>
<i>clavatus</i>	<i>kambarensis</i>	<i>sydowii</i>
<i>fischeri</i>	<i>luchuensis</i>	<i>tamarii</i>
<i>flavifus</i>	<i>niger</i>	<i>terreus</i>
<i>flavus</i>	<i>ochraceus</i>	<i>ustus</i>
<i>F. oryzae</i>	<i>parasiticus</i>	<i>versicolor</i>
<i>Fumigatus</i>		

Sumber: CAB International (2001).

ternak. Pada Tabel 1 disajikan beberapa spesies *A. flavus* yang telah dilaporkan.

Karakter bionomi *A. flavus* memberi gambaran bahwa cendawan tersebut mempunyai daya tular yang tinggi dari pertanaman ke tempat-tempat penyimpanan. Pakki dan Muis (2006), menemukan bahwa bawaan dari biji tidak selamanya menampilkan gejala, namun juga berasal dari yang tidak bergejala. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Christense dan Meronuck (1986) bahwa *A. flavus* dapat menginfeksi ke bagian internal biji, namun tidak dapat ditularkan ke pertanaman selanjutnya. Hal ini juga memberi petunjuk bahwa pencegahan lebih dini di areal pertanaman akan mengurangi biji terinfeksi dan sekaligus menekan intensitas aflatoksin di tempat-tempat penyimpanan.

Toksisitas

Aflatoksin yang dihasilkan oleh metabolisme sekunder cendawan *A. flavus* telah banyak dilaporkan di berbagai negara, sedangkan di Indonesia datanya masih sangat terbatas. Hasil penelitian Stemou *et al.* (1997) mengindikasikan adanya korelasi positif antara infeksi *A. flavus* dengan kontaminasi aflatoksin. Semakin tinggi infeksi *A. flavus* semakin tinggi kontaminasi aflatoksin (Tabel 2).

Kontaminasi aflatoksin dimulai dari infeksi dini *A. flavus* di pertanaman dan dibawa ke tempat penyimpanan, kemudian menjadi sumber inokulum awal penyebab kontaminasi di gudang-gudang penyimpanan. Peluang perkembangan *A. flavus* makin besar apabila benih disimpan pada kadar air tinggi. Menurut Asevedo *et al.* (1993), kadar air optimum yang tidak memberi peluang bagi cemaran aflatoksin adalah 11%, suhu media penyimpanan 15°C dan kelembaban 61,5%.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis aflatoksin yang ditemukan pada biji jagung pada umumnya adalah aflatoksin B1 (AFB1) dan aflatoksin B2 (AFB2) (Tabel 3).

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa AFB1 dan AFB2 adalah aflatoksin yang mencemari biji jagung. Jagung menjadi sumber utama aflatoksin pada pakan komersial, ini terlihat dari kandungan AFB1 yang dapat mencapai $2333 \mu\text{g/g}^2$. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Bachri (2001), dari keempat macam aflatoksin (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2), AFB1 paling sering ditemukan di alam, dan mempunyai bawaan toksigenik yang tinggi, dan berbahaya bagi kesehatan ternak dan manusia.

Apabila bahan makanan, dan pakan terkontaminasi oleh aflatoksin dan termakan oleh hewan dalam jumlah tertentu, dapat menimbulkan residu pada hewan tersebut. Menurut Stack (2000), ambang kandungan aflatoksin pada pakan sapi dan babi adalah 100 ppb dan untuk unggas adalah 200 ppb. Ternak yang mengonsumsinya secara terus menerus akan akan menurun kekebalan daya tahan tubuhnya dan merusak organ hati.

Tabel 2. Persentase infeksi *A. flavus* pada biji dan kontaminasi aflatoksin di enam wilayah pengamatan.

Wilayah	Presentase infeksi <i>A. flavus</i>		Kontaminasi aflatoksin (B1+B2) (ppb)	
Overall	82,5	60,0	136,8	139,8
Southern Guinena	95,0	93,0	241,2	262,9
Nourthern Guinena	85,0	33,0	109,5	80,6
Coastal	70,0	80,0	16,7	23,3
Sudan	75,0	33,0	28,3	27,5

Sumber: Stemou *et al.* (1997).

Tabel 3. Jenis aflatoksin yang mengkontaminasi biji jagung.

Jenis aflatoksin	Kadar aflatoksin	Pustaka
AFB1, AFB2	-	Diener (1989)
AFB1, AFB2	23,33-262,3 ppb	Stemou <i>et al.</i> (1997)
AFB1	$418 \mu\text{g/g}^2$	Robert <i>et al.</i> (1993)
AFB1	-	Vieira (2003)
Aflatoksin	$15,6-2.333 \mu\text{g/g}^2$	Ernesto <i>et al.</i> (2000)
AFB1	39,10 ppb	Bachri <i>et al.</i> (1995)
AFB1	27-299 ppb	Gou <i>et al.</i> (1999)

AFB1 = Aflatoksin B1.

AFB2 = Aflatoksin B2.

PATOGEN *Fusarium* Spp.

Sebaran dan Gejala

Fusarium spp. adalah patogen utama yang sering dijumpai pada beberapa jenis tanaman dan dilaporkan memiliki 31 spesies (Glenn *et al.* 2001). *F. verticillioides* merupakan sinonim dari spesies *F. moniliforme*, dan dominan ditemukan pada tanaman jagung dan menginfeksi akar, batang, pelepah, dan tongkol, terutama biji (Schutless *et al.* 2002). Di Sulawesi Selatan, pada berbagai cara penyimpanan jagung oleh petani ditemukan 10,6% menginfeksi biji (Pakki *et al.* 2003). *Fusarium* spp. tergolong phylum *Ascomycota* dari famili *Hypocreaceae*. Patogen *F. moniliforme* menghasilkan spora aseksual, miselia terbagi atas 3-7 sekat dan berukuran 2,4-4,9 x 150 x 160 μm . Konidia dihasilkan dari rantai potongan hipa, berdiameter 25-50 x 3-9 μm . Pada Tabel 4 dapat dilihat beberapa taksonomi spesies dari *F. verticillioides* dan *F. moniliforme*.

Daerah sebaran *Fusarium* spp. meliputi daerah dingin dengan suhu 5°C sampai daerah tropik dengan suhu 20°C, dan dapat hidup baik pada wilayah kering dengan curah hujan tahunan < 250 mm sampai daerah basah dengan curah hujan di atas 1000 mm per tahun. Di Indonesia baru dilaporkan enam spesies dan satu di antaranya adalah *F. moniliforme* yang dominan menginfeksi jagung (Bachri 2001).

Gejala khas patogen ini adalah terdapat kumpulan miselia pada bagian permukaan batang atau tongkol dan biji jagung, berwarna keputihan dan terdapat warna merah jambu. Infeksi pada batang jagung biasanya menyebabkan pembusukan, invasi ke dalam biji melalui rambut jagung pada ujung tongkol, selanjutnya menginfeksi biji pada bagian dalam tongkol, bersifat *symptomless* atau dapat ditemukan pada biji yang tidak bergejala, menginfeksi ke bagian internal biji jagung, dan dapat ditularkan melalui biji (Munclovd and Biggerstaf 2000).

Tabel 4. Taksonomi spesies *F. verticillioides* dan *F. moniliforme*.

Spesies <i>Fusarium</i>	Spesies <i>Fusarium</i>
<i>F. acuminat</i>	<i>F. intricans</i>
<i>F. avenaceae</i>	<i>F. nygamai</i>
<i>F. baccata</i>	<i>F. pulicaris</i>
<i>F. fujikuroi</i>	<i>F. stilboides</i>
<i>F. gardoni</i>	<i>F. tricincta</i>
<i>F. imperatae</i>	<i>F. xylarioides</i>
<i>F. indica</i>	<i>F. zae</i>

Sumber: Cab International (2001).

Tabel 5. Toksin dan tingkat toleransi kandungan mikotoksin *Fusarium moniliforme* pada jagung.

Spesies <i>Fusarium</i>	Mikotoksin	Tingkat toleransi cemaran mikotoksin untuk ternak
<i>F. moniliforme</i>	Fumonisin	5 ppm (kuda) 10 ppm (babi) 50 ppm (sapi)
<i>F. graminearum</i>	Zearaleunone	-

Sumber: Stack (2000)

Toksisitas

F. moniliforme memproduksi mikotoksin yaitu fumonisin dan bersifat toksik pada ternak dan manusia (Oren *et al.* 2003). Toksin lain yang dihasilkan oleh *F. graminearum* adalah zearalenone. Toksin ini belum banyak mendapat perhatian namun juga berdampak buruk terhadap ternak. Di Jawa Barat, Okky *et al.* (1993) telah mengidentifikasi toksin zearalenone pada biji jagung dan gandum. Di Amerika, toksin fumonisin dan zearalenone telah ditemukan mengkontaminasi biji jagung dan tingkat toleransi mikotoksin zerealeunone belum tampak teridentifikasi (Tabel 5).

PATOGEN *Penicillium* Spp.

Sebaran dan Gejala

Patogen *Penicillium* spp. pada biji jagung ditemukan berupa gumpalan miselia berwarna putih menyelimuti biji, diselingi warna kebiru-biruan (Gambar 2). Patogen ini adalah patogen tular benih yang mempunyai inang utama jagung. Tanaman lain belum dilaporkan dapat menjadi inangnya, namun dapat menginfeksi tanaman jagung pada fase prapanen dan pasca-panen. Bagian tanaman yang dapat terinfeksi adalah batang, daun, biji dan telah teridentifikasi 18 spesies (Tabel 6).

Intensitas penularan pada biji jagung dapat mencapai lebih dari 50% (Handoo dan Aulakh 1999). Gejalanya ditandai oleh bercak pada kulit ari biji, bila menginfeksi tongkol secara optimal menyebabkan pembusukan (Satula 1969). Pengaruh terhadap kualitas benih adalah penurunan daya tumbuh (Kohler 1960). Spesies *P. oxalicum* memproduksi oxalid acid dan bersifat toksik terhadap biji.

Penicillium spp. dapat ditularkan melalui biji. Apabila ditanam, biji-biji yang terinfeksi *Penicillium* spp. dari lokasi pertanaman dapat menularkan



Gambar 2. Gejala *Penicillium* spp. pada biji jagung.

Tabel 6. Beberapa spesies *Penicillium* yang menginfeksi tanaman jagung.

<i>P. aurantiogriseum</i>	<i>P. hirsutum</i>
<i>P. brevicompactum</i>	<i>P. italicum</i>
<i>P. chrysogenum</i>	<i>P. nigricans</i>
<i>P. citrinum</i>	<i>P. oxalicum</i>
<i>P. digitatum</i>	<i>P. purpurogenum</i>
<i>P. expansum</i>	<i>P. raistrickii</i>
<i>P. frequentans</i>	<i>P. rubrum</i>
<i>P. funiculosum</i>	<i>P. simplicissimum</i>
<i>P. gadlewski</i>	<i>P. viridicatum</i>

pada pertanaman selanjutnya. Patogen akan berkembang baik pada suhu < 15°C dan akan tertekan perkembangannya pada suhu > 25°C. Penyebaran dalam suatu populasi tanaman di lapang selalu berasosiasi positif dengan populasi serangga. Semakin tinggi populasi serangga, semakin besar intensitas biji terinfeksi *Penicillium* spp. karena serangga dapat menjadi vektor penyebar perkembangan patogen ini di pertanaman dan tempat penyimpanan.

Toksin hasil metabolisme sekunder dari patogen *Penicillium* spp. adalah ochratoxin dan citreoviridin, yang dapat meracuni ternak. Di Indonesia, toksin ini belum banyak mendapat perhatian peneliti, sehingga belum ada laporan tentang pengaruh terhadap kesehatan ternak.

PENGENDALIAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., dan *Penicillium* spp., dapat dilakukan pada fase prapanen dan pascapanen.

Prapanen

Pencegahan infeksi dini *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., dan *Penicillium* spp. dapat dilakukan dengan rotasi pertanaman bukan inang, yang akan memutus siklus perkembangannya. Pencegahan penularan oleh serangga dengan penyemprotan insektisida dapat berefek ganda, yaitu meminimalisasi penyebaran patogen dalam suatu populasi tanaman jagung karena tertekannya populasi serangga yang menjadi vektor penyebarannya di pertanaman.

Di Indonesia, penggunaan varietas tahan untuk pengendalian *Aspergillus* spp. belum banyak dilaporkan. Scoot dan Zumono (1999) menemukan varietas yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap *A. flavus* seperti galur-galur inbrida LB31, IH 513, dan C12. Wakman *et al.* (2003) melaporkan varietas-varietas yang mempunyai ketahanan yang tinggi antara lain adalah Bisi-1, Bisi-2, Bisi-3, Bisi-4, Bisi-5, Bisi-6, Pioneer-4, Pioneer-5, Pioneer-7, Kalingga, Bisma-1, dan Bisma-2. Pengendalian patogen prapanen dengan penggunaan varietas tahan dapat mengurangi sumber inokulum awal sehingga efektif menekan perkembangan cendawan *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. dan *Penicillium* spp. di penyimpanan.

Pengelolaan air yang baik menghindari tanaman dari stress air yang mengakibatkan biji jagung mudah terinfeksi *A. flavus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panen tepat waktu dapat menekan kontaminasi cemaran aflatoksin (Jonis *et al.* 1981). Pengendalian dengan asam propianik dapat menekan kontaminasi mikotoksin sekitar 85%, dan menekan infeksi cendawannya di pertanaman lebih dari 90% (CAB International 2001).

Pascapanen

Cemaran *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., dan *Penicillium* spp. pada bahan pakan dapat dikurangi dengan melakukan penyortiran antara biji jagung yang terkontaminasi dengan biji yang sehat. Widyastuty (1998) melaporkan bahwa jagung yang ditumbuhi jamur berwarna hijau kekuningan mempunyai kadar aflatoksin yang tinggi dibanding biji yang tidak terkontaminasi *A. flavus*.

Penjemuran biji jagung pada kadar air 13% dan penyimpanan pada suhu 15°C dan kelembaban 61,5% merupakan kondisi ideal untuk menekan cemaran mikotoksin (Asevedo *et al.* 1993). Hal lain yang dapat dilakukan adalah mengurangi kerusakan secara fisik pada saat prosesing dan menekan infestasi serangga, terutama dalam penyimpanan, karena serangga berperan penting dalam penyebaran mikotoksin (Stack 2000).

Sanitasi dengan asam propianik secara reguler pada fasilitas tempat penyimpanan dengan tujuan membersihkan sisa-sisa cendawan sebagai sumber infeksi awal dapat menghindari terinfeksi nya biji sehat.

PENUTUP

Patogen utama yang dominan menginfeksi pada pascapanen jagung adalah *A. flavus*, *F. verticillidies*, dan *Penicillium* spp. Hasil metabolisme sekunder patogen tersebut, masing-masing menghasilkan aflatoksin (AFB1 dan AFB2), fumonisin, dan ochratoxin yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan ternak.

Pengendalian prapanen efektif mengendalikan bawaan inokulum dari lapang dan selanjutnya menekan kontaminasi toksin di tempat penyimpanan. Sanitasi reguler dengan bahan aktif asam propianik dan ammonia, penyortiran biji sehat dan terinfeksi, penyimpanan pada kadar air rendah, suhu dan kelembaban tempat penyimpanan rendah berperan penting menekan perkembangan patogen-patogen tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asevedo, I.G., E. Genble, B. Correa, C.R. Paula, R.M.A. Almedia, and V.M.S. Firamil. 1993. Influence of temperature and relative humidity on production of aflatoxin in sampled of stored maize artificially contaminated with *Aspergillus flavus* (Link). *Revista de Microbiologica* 24(1):32-37.
- Bachri, S., P. Zahari, and R. Maryan. 1995. Aflatoxin contents in feeds ruffs a prehyminary study. Paper presented in the World Veterinary Congress XXV. Japan.
- Bachri, S. 2001. Mewaspadai cemaran mikotoksin pada bahan pangan, pakan, dan produk ternak di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 20(2):55-64.
- Baht, R.V. and J.D. Miller. 1991. Mycotoxins and food supply. *Food Nutrition and Agriculture* 1:27-31.

- CAB International. 2001. Crop protection compendium. CAB International.
- Christensen and Meronuck. 1986. Quality maintenance in stored grains and seeds minneapolis. USA University of Minnesota Press.
- Diener, U. 1989. Preharvest aflatoxin contamination of peanut, corn, and cotton seed. A review. Biodete Rioraratiun Res. 2:217-244.
- Ernesto, M.M., V.B. Mario, and F.P. Federico. 2000. Use of propionic acid salt to inhibit aflatoxin production in stored grains of maize. *Agrocinecia* 34:477-484.
- Ginting. 1986. Variasi kejadian dan kandungan aflatoksin pada jagung yang bersumber dari Tegal, Taiwan, dan Lampung pada pabrik makanan ternak di Bogor. *Penyakit Hewan* 18(31)79-81.
- Gleen, A.E., D.M. Hilton, L.E. Yates, and C.W. Bocon. 2001. Detoxipication of corn antimicrobial cpompound as the basis for isolating *Fusarium verticillioidies* and some other *Fusarium* species from corn. *The American Soceity for Microbiology* 67(7):2873-2981.
- Guo, B., Z. Russin, J.S., Cleveland, R.L. Brown, and Damanu. 1999. Evidence for cutinase production by *Aspergillus flavus* and its possible role in infection of corn Kernels *Phytopatology* 86:824-829.
- Handoo, M.L. and K.S. Aulakh. 1999. Seeds borne fungi of maize in India *Seed Research* 7(1):41-47
- Jonis, R.K., H.E. Duncan, and P.B. Hamilton. 1981. Planting date, harvest date, irrigation effect on infection and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in the field corn. *Phytophatology* 71:810-816.
- Kohler, B. 1960. Comstalk rots in illionis III. *Agric. Exp. Stem. Bul.* 658.
- Muis, A., S. Pakki, dan A.H. Talanca. 2002. Inventarisasi dan identifikasi cendawan yang menyerang biji jagung di Sulawesi Selatan. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit, Balitsereal, Maros. p. 21-30.
- Munclovd, G.P. and C.M. Biggerstaf. 2000. Stalk roots and ear roots in Bt hybrids, riceville, biolo cult. test control. *Plant Disease* 12:105.
- Munclovd, G.P. 2003. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annual Rev. Phytopathol.* IOWA. USA.
- Okky, S.D., S. Haryanto, dan A. Ambarwati. 1993. Assosiasi *Fusarium* dengan beberapa tanaman yang mempunyai arti ekonomi penting di Jawa Barat dan produksi mikotoksinnya pada biji jagung. Kongres PFI dan Seminar Ilmiah ke XII. Yogyakarta.

- Oren, L., E. Sinadar, C. David, and A. Sharon. 2003. Early event in the *Fusarium verticillioides* maize – interaction characterized by using a green fluorescent protein expressing transgenic isolate. The American Society for Microbiology 69(3):1693-1701.
- Pakki, S., A.H. Talanca, dan A. Muis. 2003. Inventarisasi cendawan yang menyerang biji jagung di Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit, Balitsereal, Maros. p. 32-42.
- Pakki, S. dan A. Muis. 2006. Patogen utama pada tanaman jagung setelah padi rendengan di lahan sawah tadah hujan. Seminar Mingguan Balitsereal, Maros. (Belum diterbitkan).
- Pingali, P.L. 2001. CIMMYT 1999-2000, world maize fact and trends. Meeting world maize needs. technological opportunities and priorities for the public sector. CIMMYT, Mexico.
- Puslitbangtan. 2006. Pengembangan jagung di lahan bera. Berita Puslitbangtan. Bogor.
- Robert, L.B., J.C. Peter, E.C. Thomas, and N.W. Widstrom. 1993. Living maize embryo influences accumulation of aflatoxin in maize kernels. Journal of Food Protection 56(11):967-971.
- Satula, T.L. 1969. Pathogenicity of the causal agent of *Penicillium* disease of maize seed and seedling. Zakhyst Rast 9:88-91.
- Shearer, J.F., S. Baker, and N.K. Tittarylh. 1992. A study of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* in Iowa. Crop field 1988-1990. Plant Diseases 76(1)19-22.
- Schutless, F., K.F. Cardwell, and S. Gounou. 2002. The effect of endophytic *Fusarium verticillioides* on invasion of two maize variety by lepidoptera stemborer and coleoptera grain feeders. The American Phytopathological Society.
- Scott, G.E. and Zumono. 1999. Registration of MP 420 germplasma line of maize. Crop Science 32(5):1296.
- Stack. 2000. Grain mould and mycotoxins in corn. University of Nebraska-Lincoln and the United States of Agricultural. 19 p.
- Stemou, M., K.F. Cardwell, F. Shutless, and K. Hell. 1997. *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination of pre harvest maize in Benin. Plant Disease 81(11):1323-1327.
- Swindale. 1987. A general overview of the problem of aflatoxin contamination of groundnut. Summary and recommendation of the International Workshop on Aflatoxin Contamination of Groundnut. p. 28.

- Vieira, S.L. 2003. Nutritional implication of mould development in feed stuffs and alternatives to reduce the mycotoxin problem in poultry feeds. *Worlds poultry Science Journal* 59(111-122).
- Wakman, W., S. Rahamma, dan S. Kontong. 2003. Penelitian penyakit busuk batang jagung. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit. Balitsereal, Maros. p.26-29.
- Wicklow, D.T, B.W. Horn, W.R Burg, and R.J. Cole. 1984. Schlerotium dispersal of *A.flavus* and *E.ochrosalmoneum* from maize during harvest. *Transactions of the British Mycological Society* 83(2): 299-303.
- Widyastuty. 1998. Mikotoksin pada pakan babi asal Sumatera Utara. Kumpulan makalah Kongres Nasional PMKI I dan Temu Ilmiah Bogor. p.283-288.



Penanganan Pascapanen Jagung

I.U. Firmansyah, M. Aqil, dan Yamin Sinuseng
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Penanganan pascapanen merupakan salah satu mata rantai penting dalam usahatani jagung. Hal ini didasarkan atas kenyataan bahwa petani umumnya memanen jagung pada musim hujan dengan kondisi lingkungan yang lembab dan curah hujan yang masih tinggi. Hasil survei menunjukkan bahwa kadar air jagung yang dipanen pada musim hujan masih tinggi, berkisar antara 25-35%. Apabila tidak ditangani dengan baik, jagung berpeluang terinfeksi cendawan yang menghasilkan mikotoksin jenis aflatoksin (Firmansyah *et al.* 2006).

Adanya nilai tambah dari produk olahan jagung seperti minyak jagung dan produk olahan lainnya yang dilaporkan berdampak positif bagi kesehatan manusia menyebabkan bergesernya penggunaan biji jagung dari pemenuhan konsumsi ternak menjadi konsumsi manusia dan ternak. Perubahan pola konsumsi tersebut menuntut adanya perbaikan proses pascapanen jagung untuk menghasilkan biji yang aman dikonsumsi, baik oleh manusia maupun ternak. Hal ini mendasari dikeluarkannya Undang-Undang No. 7 tahun 1996 tentang keamanan pangan. Beberapa negara seperti Cina, Malaysia, dan Singapura telah memberlakukan standar mutu yang sangat ketat untuk produk jagung (Warintek 2007). Untuk itu diperlukan teknologi penanganan pascapanen jagung, terutama di tingkat petani, untuk menghasilkan produk yang lebih kompetitif dan mampu bersaing di pasar bebas.

Proses pascapanen jagung terdiri atas serangkaian kegiatan yang dimulai dari pemetikan dan pengeringan tongkol, pemipilan tongkol, pengemasan biji, dan penyimpanan sebelum dijual ke pedagang pengumpul. Ke semua proses tersebut apabila tidak tertangani dengan baik akan menurunkan kualitas produk karena berubahnya warna biji akibat terinfeksi cendawan, jagung mengalami pembusukan, tercampur benda asing yang membahayakan kesehatan.

Tulisan ini membahas penanganan pascapanen jagung yang meliputi pemanenan, penjemuran/pengeringan, pemipilan, pengemasan, penyimpanan, dan standardisasi mutu jagung.

PROSES PASCAPANEN

Cakupan Kegiatan

Proses pascapanen meliputi serangkaian kegiatan penanganan hasil panen, mulai dari pemanenan sampai menjadi produk yang siap dikonsumsi. Rangkaian kegiatan tersebut disajikan pada Gambar 1.

Permasalahan

Jagung mempunyai banyak permasalahan pascapanen yang apabila tidak tertangani dengan baik akan menimbulkan kerusakan dan kehilangan. Permasalahan antara lain adalah:

Susut Kuantitas dan Mutu

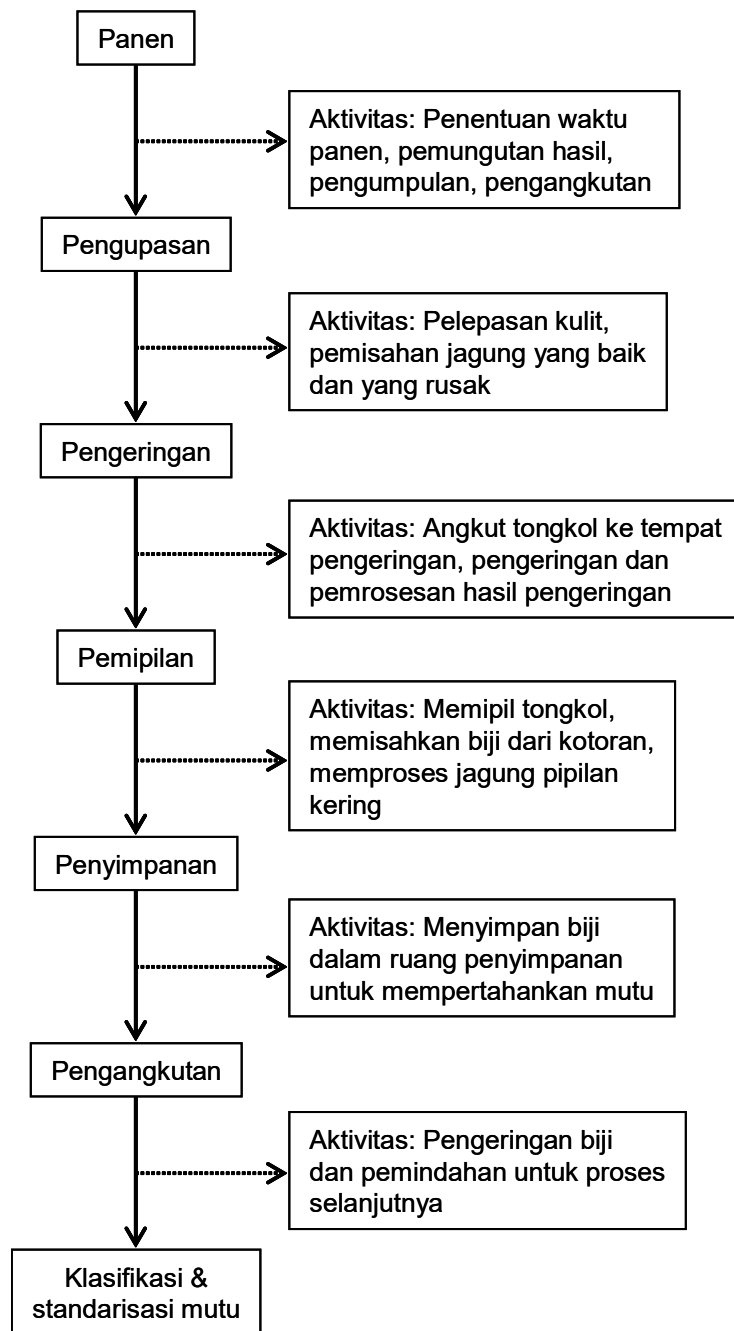
Kehilangan hasil jagung pada pascapanen dapat berupa kehilangan kuantitatif dan kualitatif. Kehilangan kuantitatif merupakan susut hasil akibat tertinggal di lapang waktu panen, tercecer saat pengangkutan, atau tidak terpipil. Kehilangan kualitatif merupakan penurunan mutu hasil akibat butir rusak, butir berkecambah, atau biji keriput selama proses pengeringan, pemipilan, pengangkutan atau penyimpanan.

Keamanan Pangan

Penundaan penanganan pascapanen jagung berpeluang meningkatkan infeksi cendawan. Penundaan pengeringan paling besar kontribusinya dalam meningkatkan infeksi cendawan *Aspergillus flavus* yang bisa mencapai di atas 50%. Cendawan tersebut menghasilkan mikotoksin jenis aflatoksin yang bersifat mutagen dan diduga dapat menyebabkan kanker esofagus pada manusia (Weibe and Bjeldanes 1981). Toksin yang dikeluarkan oleh cendawan tersebut juga berbahaya bagi kesehatan ternak. Salah satu cara pencegahannya adalah mengetahui secara dini kandungan mikotoksin pada biji jagung.

Ketersediaan Sarana Prosesing

Permasalahan lain dalam penanganan pascapanen jagung di tingkat petani adalah tidak tersedianya sarana prosesing yang memadai, padahal petani umumnya memanen jagung pada musim hujan dengan kadar air biji di atas 35%. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi prosesing yang tepat, baik dari segi peralatan maupun sosial dan ekonomi.



Gambar 1. Kegiatan panen dan penanganan pascapanen jagung.

PEMANENAN

Waktu panen menentukan mutu biji jagung. Pemanenan yang terlalu awal menyebabkan banyaknya butir muda sehingga kualitas dan daya simpan biji rendah. Sebaliknya, pemanenan yang terlambat menyebabkan penurunan kualitas dan peningkatan kehilangan hasil akibat cuaca yang tidak menguntungkan atau serangan hama dan penyakit di lapang.

Jagung yang siap dipanen biasanya ditandai dengan daun dan batang tanaman mulai mengering dan berwarna kecoklatan. Selain itu, juga dapat diketahui dari adanya lapisan hitam pada pangkal biji jagung (*black layer*). Apabila pada pangkal biji sudah ditumbuhi lebih dari 50% lapisan hitam, maka tanaman sudah masak fisiologis. Petani di sejumlah daerah memanen jagung setelah umur panen tercapai (daun dan batang jagung telah berwarna coklat).

Pemanenan jagung bergantung pada lokasi, jenis lahan, dan ketersediaan teknologi. Panen tongkol umum dilakukan petani pada lahan tadah hujan atau lahan kering. Perbedaannya, pada lahan kering, petani langsung memanen jagung bersama tongkolnya dengan kelobot relatif basah karena dipanen pada musim hujan. Kadar air biji pada kondisi tersebut berkisar antara 30-35% dan adakalanya mencapai 40%. Pemanenan tongkol pada lahan sawah tadah hujan, kadar air biji sudah agak rendah, yaitu 25-30%. Tongkol kemudian diangkut ke tempat pengumpulan untuk diangin-anginkan beberapa saat, lalu dikupas, dan dikeringkan. Batang tanaman ditebang untuk dijadikan pakan atau tetap dibiarkan di lapang. Cara panen tongkol di lapang dilakukan oleh umumnya petani jagung di Sulawesi Selatan, baik pada lahan kering, lahan sawah tadah hujan maupun lahan sawah irigasi. Penebangan batang pada saat panen dilakukan dengan parang dan memerlukan waktu 155,5 jam/orang/ha atau 19,4 HOK dengan masa panen delapan jam/hari. Pengupasan kelobot dilakukan oleh tenaga wanita dengan waktu kerja 131,2 jam/orang/ha atau 16,4 HOK/ha.

PENGERINGAN

Pengeringan adalah upaya untuk menurunkan kadar air biji jagung agar aman disimpan. Kadar air biji yang aman untuk disimpan berkisar antara 12-14%. Pada saat jagung dikeringkan terjadi proses penguapan air pada biji karena adanya panas dari media pengering, sehingga uap air akan lepas dari permukaan biji jagung ke ruangan di sekeliling tempat pengering (Brooker *et al.* 1974).

Pengeringan diperlukan sebelum pemipilan untuk menghindari terjadinya biji pecah. Untuk itu, kadar air biji harus diturunkan menjadi < 20%. Pengeringan dimaksudkan untuk mencapai kadar air biji 12-14% agar tahan disimpan lama, tidak mudah terserang hama dan terkontaminasi cendawan yang menghasilkan mikotoksin, mempertahankan volume dan bobot bahan sehingga memudahkan penyimpanan (Handerson and Perry 1982).

Pengeringan untuk Menurunkan Infeksi Cendawan

Penundaan panen jagung selama tujuh hari setelah masak fisiologis dengan cara memangkas batang 10 cm di atas tongkol dapat membantu proses penurunan kadar air biji dan menekan tingkat penularan cendawan (Tabel 1).

Apabila pengeringan jagung menggunakan alat pengering, tingkat infeksi cendawan hanya berkisar antara 9-10%. Oleh sebab itu, pengeringan harus dilakukan secepatnya setelah panen jika cuaca mendukung. Namun bila kondisi cuaca kurang mendukung dan petani tidak mempunyai fasilitas pengeringan maka mutu produk akan rendah.

Tabel 1. Beberapa cara pengeringan jagung, laju pengeringan, dan tingkat infeksi cendawan. Gorontalo, 2005.

Proses pengeringan ^{*)}	Laju pengeringan	Tingkat infeksi cendawan (%) ^{**)}
Tanaman jagung dijemur selama 7 hari setelah masak fisiologis di lapang,	0,80%/hari	18
Tongkol jagung dipanen dan dikeringkan dengan sinar matahari	0,75%/jam	
Tanaman jagung dijemur selama 7 hari setelah masak fisiologis di lapang,	0,80%/hari	15
Tongkol jagung dipanen dan dikeringkan dengan sinar matahari	0,94%/jam	
Panen tongkol jagung, kupas kelobot, dan jemur tongkol jagung	0,50%/jam	10
Panen tongkol jagung, kupas kelobot, tongkol jagung dipipil, dan jagung pipil dikeringkan dengan mesin pengering	2,07%/jam	9
Panen tongkol jagung, kupas kelobot, tongkol jagung dikeringkan dengan mesin pengering	0,70%/jam	10

^{*)} Pengeringan dilakukan sampai kadar air biji 15-17%.

^{**)} Jagung pipilan setelah dikeringkan dan diangin-anginkan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan pada suhu ruang 25°C selama 120 hari.

Sumber: Firmansyah *et al.* (2005).

Cara Pengeringan Jagung di Tingkat Petani

Cara pengeringan jagung yang umum dilakukan petani adalah dengan bantuan sinar matahari atau penjemuran langsung di lapang (*in-field sun drying*). Cara ini dapat dibedakan menjadi: (a) penjemuran bersama-sama antara tongkol yang masih menyatu dengan batang tanaman; (b) penjemuran tongkol yang sudah dipetik dari batang atau sudah dipisahkan antara biji dengan janggelnnya (jagung pipil).

Pengeringan langsung di lapang dengan membiarkan tongkol tetap pada tanaman selama 7-14 hari. Cara ini sudah dilakukan oleh banyak petani yang menanam jagung hibrida (tinggi tongkol dari permukaan tanah seragam), khususnya pertanaman musim kemarau. Pengeringan dengan cara ini dapat menurunkan kadar air biji sampai 18%. Pengeringan langsung di lapang dengan menjemur bahan (tongkol beserta biji atau biji pipilan) di permukaan tanah atau lantai jemur juga telah dilakukan oleh banyak petani jagung.

Prinsip pengeringan dengan cara penjemuran adalah memanfaatkan perpindahan suhu panas sinar matahari ke sekeliling bahan yang dikeringkan. Hal yang perlu diperhatikan dalam penjemuran tongkol atau biji jagung secara langsung di lapang adalah adanya sifat higroskopis bahan, sehingga selama proses pengeringan berlangsung terjadi kenaikan kadar air biji. Kenaikan kadar air biji akan terjadi apabila tekanan uap air jenuh di sekeliling bahan meningkat, karena adanya tekanan osmotik dari jaringan pipa kapiler tanah di bawah tempat penjemuran, atau suhu di lingkungan penjemuran turun pada malam hari.

Cara penjemuran jagung yang umum dilakukan petani adalah: (a) dikeringkan langsung bersama tongkol setelah panen; (b) dikeringkan setelah dirontok atau dipisahkan dari janggel; (c) tongkol dikupas dan dikeringkan terlebih dahulu selama dua hari untuk mencapai kadar air <20%, dirontok, kemudian dikeringkan lagi; (d) penundaan pengeringan dan jagung langsung dikarungkan, disimpan 1-2 hari, dipipil dan dijual; (e) tanpa dikeringkan (Dharmaputra *et al.* 1996, Prastowo *et al.* 1998). Cara pengeringan di beberapa sentra produksi jagung di Indonesia disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Cara pengeringan jagung oleh petani di beberapa sentra produksi.

Cara pengeringan	Kediri Jatim	Bulukumba Sulsel	Lampung	Tanah Laut Kalsel	Gorontalo
Dikeringkan langsung bersama tongkol setelah panen	✓	✓	✓	-	✓
Dikeringkan setelah dirontok atau dipisahkan dari tongkol	✓	✓	✓	-	✓
Dikeringkan dengan tongkol terlebih dahulu selama dua hari untuk mencapai kadar air <20%, dirontok kemudian dikeringkan lagi	✓	✓	-	-	✓
Penundaan pengeringan dan jagung langsung dikarungkan, disimpan 1-2 hari, dipipil dan dijual	-	-	-	✓	-
Tanpa dikeringkan	-	-	✓	✓	-

Sumber: Firmansyah *et al.* (2005)

Fasilitas Penjemuran

Penjemuran jagung langsung di lapang dengan bantuan sinar matahari umumnya diberlakukan pada tongkol yang masih berkelobot maupun yang sudah dikupas kelobotnya. Efektivitas penjemuran bahan ditentukan oleh: (a) tingkat pengeringan, (b) lokasi penjemuran, dan (c) posisi bahan dari penyinaran matahari (Muhlbauer 1983).

Beberapa fasilitas penjemuran yang ada di tingkat petani adalah: (a) tanpa alas jemur, bahan langsung dikeringkan di atas tanah atau di tepi jalan aspal, (b) anyaman bambu, (c) lembaran plastik atau terpal, dan (d) lantai jemur. Penjemuran tanpa alas, murah dan mudah dilakukan petani. Tempat penjemuran yang dipilih umumnya di tepi jalan beraspal. Kelemahan cara penjemuran ini adalah mengganggu pengguna jalan dan tercampurnya bahan oleh benda asing (kerikil, tanah atau kotoran) sehingga menurunkan kualitas bahan. Hasil survei terhadap 60 petani responden di Lampung menunjukkan 9,3% petani menjemur jagung tanpa alas. Di Kediri tidak satu pun petani responden yang menjemur jagung tanpa alas (Dharmaputra *et al.* 1996, Prastowo *et al.* 1998). Menjemur tanpa alas menyebabkan jagung tercampur dengan benda asing sehingga menurunkan harga jual atau memerlukan tambahan biaya untuk memisahkan campuran kotoran (Prastowo *et al.* 1998).

Penjemuran dengan alas anyaman bambu didapatkan benda asing 7,7% dan 1,2% masing-masing di Lampung dan Kediri (Dharmaputra *et al.* 1996). Penjemuran dengan alas plastik atau terpal masih banyak dilakukan petani di Lampung (13,9%) dibanding dengan petani di Kediri (2,4%). Petani di

Kediri lebih banyak menggunakan alas plastik atau terpal untuk menjemur jagung yang masih dalam bentuk gelondongan. Penjemuran dalam bentuk gelondongan dilakukan selama dua hari, kemudian dipipil dan dijemur lagi dalam bentuk pipilan selama dua hari. Penggunaan alas plastik lebih disenangi karena mudah diperoleh dan mudah dilipat. Cara lain yang dilakukan oleh petani adalah menjemur jagung dalam karung plastik selama satu hari, kemudian dipipil (Prastowo *et al.* 1998).

Pengeringan jagung di lantai jemur banyak diminati petani karena konstruksi pembuatan dan pengoperasiannya mudah dan relatif lebih cepat kering dibanding menggunakan alas tikar plastik. Ukuran luas lantai jemur dapat disesuaikan dengan ketersediaan lahan dan biaya pembuatan, namun yang penting diperhatikan adalah dimensi lebar dan tebal lantai tempat menaruh bahan yang dikeringkan.

Kelemahan dari lantai jemur adalah memerlukan lahan yang cukup luas, sesuai dengan jumlah bahan yang akan dikeringkan. Selain itu, cara penjemuran ini tidak efektif digunakan pada musim hujan. Ketebalan bahan yang disarankan adalah 10-15 cm. Pengeringan biji pipilan dengan cara penjemuran pada musim kemarau memerlukan waktu 6,5 jam untuk menurunkan kadar air biji dari 15% ke 13%.

Pengeringan dengan Alat Mekanis

Pengeringan secara mekanis adalah pengeringan dengan bantuan alat pengering yang dioperasikan secara mekanis. Beberapa alat pengering mekanis yang banyak dijumpai adalah: (a) alat pengering dengan sumber panas energi bahan bakar minyak (solar, minyak tanah); (b) alat pengering dengan sumber panas energi bahan bakar limbah pertanian; (c) alat pengering dengan sumber panas energi sinar matahari.

Beberapa alat pengering mekanis yang telah dirancang di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3. Kapasitas pengeringan masing-masing alat berkisar antara 2-15 ton setiap pengoperasian.

Tabel 3. Alat pengering jagung yang banyak digunakan di Indonesia.

Jenis alat	Kapasitas (ton)	Penurunan kadar air (%)	Lama pengeringan (jam)	Kebutuhan bahan bakar (kg/jam)	Suhu pengering (°C)
Model sumur	1,2 (tongkol)	38-17	14	14 (tongkol)	68,5
Model LSU	5-13 (pipil)	30-17	7	-	80
MPS-15	5 (pipil)	-	14-15	Minyak tanah	70-80

Sumber: Syarif dan Kumendong (1997).

Alat Pengering dengan Sumber Panas Matahari dan Tongkol Jagung/ Kayu Bakar

Alat pengering mekanis dengan sumber panas matahari dan tongkol jagung/ kayu bakar merupakan hasil rekayasa Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang digunakan untuk mengeringkan kopi dan kakao. Dalam perkembangannya, alat pengering ini telah dimodifikasi untuk pengeringan jagung (Gambar 2). Kapasitas pengeringannya adalah 5-10 ton biji atau tongkol untuk setiap kali pengeringan. Pengering sumber panas matahari hanya dioperasikan pada siang hari, sedangkan pengeringan dengan bahan bakar kayu dioperasikan pada malam hari atau apabila cuaca mendung. Penggunaan tongkol jagung sebagai bahan bakar harus diselang-seling dengan kayu bakar untuk mengurangi terjadinya penyumbatan pada tungku pembakaran.

Bangunan pengering terdiri atas lantai semen dengan ukuran 14 m x 12 m. Lantai semen dibuat dengan ketinggian 15-20 cm di atas permukaan tanah agar terhindar dari genangan air. Bagian tepi lantai dibuat dengan kemiringan 5° untuk mengalirkan air. Ukuran luas atap bangunan adalah 10 m x 12 m. Atap bangunan merupakan komponen utama alat pengering energi surya yang berfungsi sebagai kolektor tenaga surya. Arah pemasangan atap adalah Utara-Selatan dengan sudut kemiringan atap 25° dan terpasang pada kedua sisi bangunan. Kolektor dirancang dengan sistem modul dengan jumlah 32 modul. Masing-masing modul berukuran panjang 600 cm, lebar 75 cm, dan tebal 3 cm dengan urutan susunan modul dari



Gambar 2. Konstruksi alat mesin pengering jagung dengan sumber panas matahari dan pembakaran tongkol jagung/kayu.

atas: (1) plat seng dicat hitam (sebagai absorber panas), (2) *glasswool* (sebagai isolator panas), (3) lembaran kertas aluminium, dan (4) kawat ram kasa (ukuran 1 cm x 1 cm) sebagai penguat. Modul kolektor apabila dilihat dari bawah tampak sebagai plafon (*ceiling*). Udara panas dari modul kolektor energi surya disalurkan ke ruang pengering melalui saluran mendatar sepanjang 12 m dan dialirkan ke bawah melalui saluran tegak sepanjang 6,0 m. Pengaliran udara ke arah bawah dan yang masuk ke plenum mengikuti sistem pengaliran paksa arah bawah (*downdraft circulation force*), dibantu dengan kipas penarik. Kedua saluran udara (datar dan tegak) mempunyai luas penampang yang sama yaitu 1,0 m² yang disambungkan langsung ke kotak plenum pengering (Prabowo *et al.* 2000).

Kapasitas ruang penyimpanan pengering ini setiap kali pengumpanan adalah 1,0 m³ potongan kayu dengan panjang maksimum 50 cm. Pembakaran diawali dengan menyulutkan api ke dalam tumpukan kayu di bagian bawah, di atas celah jalur api. Pada saat kayu mulai menyala, kipas dihidupkan sehingga udara pembakaran secara perlahan dihisap ke dalam tungku dengan arah aliran ke bawah. Tekanan udara di bagian bawah ruang pembakaran lebih rendah dari tekanan udara luar. Karena itu, jalur api tertarik ke bawah. Selama proses pembakaran berlangsung, kayu di dalam ruang tungku akan bergerak turun secara perlahan. Agar nyala api tidak terputus, tongkol jagung/kayu bakar harus diumpalkan setiap 15-20 menit seberat 10-15 kg, untuk mencapai suhu pengeringan 40-45°C (suhu pengeringan untuk konsumsi benih), bergantung pada jenis dan kadar air bahan bakar.

Konsumsi kayu bakar untuk pengeringan 5,0 ton biji jagung berkisar antara 180-200 kg untuk kebutuhan pengeringan selama 12 jam. Kombinasi sumber panas tersebut secara serial (siang-malam bergantian) maupun paralel (siang/malam bersamaan) mampu menghasilkan udara panas antara suhu 50-60°C. Panas dari tungku bakar dialirkan melalui pipa pemindah panas (*heat exchanger*) yang terpasang dalam kotak pemanas. Pipa pemindah panas berfungsi untuk memanaskan udara lingkungan yang kemudian digunakan sebagai media pengering (pemanasan tidak langsung). Pemanasan secara tidak langsung dapat menghindari kontaminasi asap dan gas hasil pembakaran ke dalam media pengering.

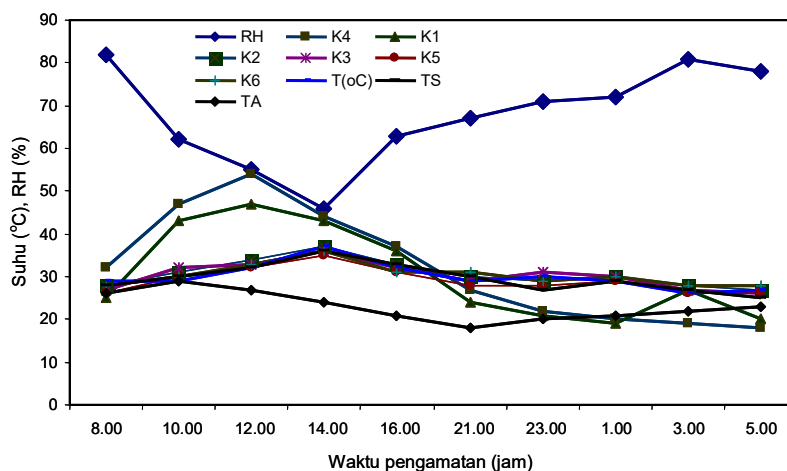
Alat pengering jagung dengan sumber panas matahari dan tungku bakar tongkol jagung/kayu telah dioperasikan untuk mengeringkan jagung dalam bentuk tongkol atau biji oleh Balitsereal sejak MK 1999 untuk keperluan benih maupun untuk pangan dan pakan. Rata-rata suhu pengering tersebut pada jam 08:00-16:00 berkisar antara 30-45°C, kemudian mengalami penurunan sampai 25°C pada pukul 17:00. Suhu udara pada kotak pengering yang diamati pada panel kolektor panas bagian atap bangunan pengering (T-k) dan saluran udara pemanas (T-s) masing-masing 30°C dan

55°C. Kelembaban nisbi udara (RH) yang tercatat selama pengamatan berkisar antara 80-100% dengan suhu lingkungan (*ambient*) 21-35°C. Suhu maksimum pada kotak pengering T1-T6 cocok untuk pengeringan jagung untuk benih, dengan kisaran suhu 40-45°C.

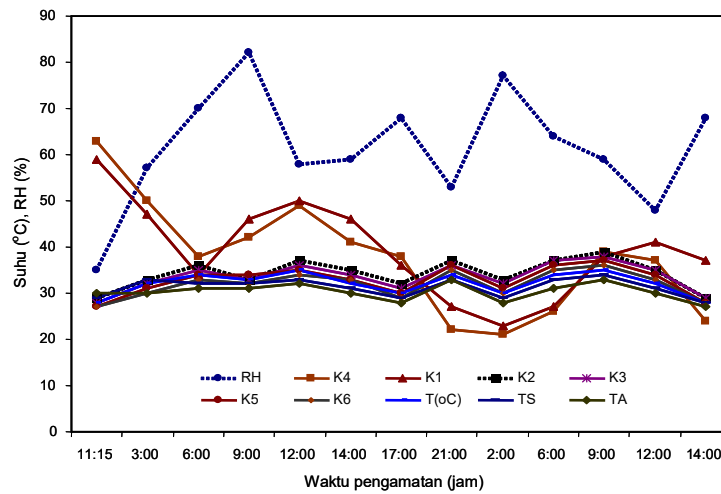
Pola sebaran suhu yang terjadi pada alat pengering sumber panas matahari dan tungku pembakaran dengan bahan bakar tongkol jagung terlihat pada Gambar 3. Sebaran suhu berkisar antara 30-40°C. Variasi sebaran suhu pada alat pengering ini sangat kecil (1-3°C), karena dalam plenum telah dipasang pengarah aliran panas yang masuk ke kotak pengering.

Pola penurunan kadar air jagung bertongkol varietas Pioneer 11, 12, dan 13 dapat dilihat pada Gambar 4. Kadar air awal sampel jagung berkisar antara 35-42%. Jagung yang dikeringkan pada kotak pengering selama 33 jam dengan suhu rata-rata 40°C mengalami penurunan kadar air $\pm 5\%$.

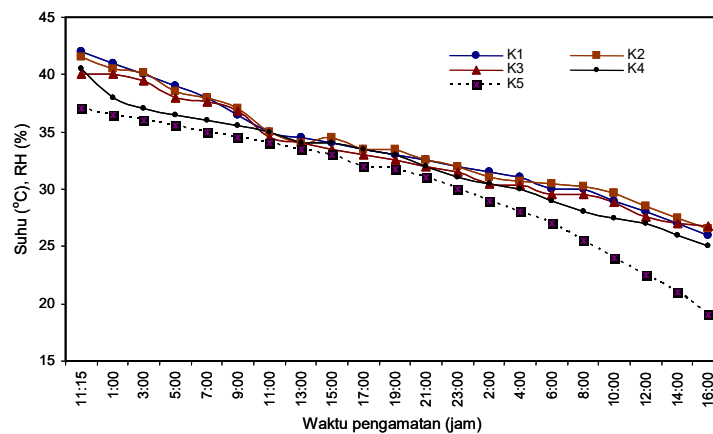
Pola sebaran suhu pada kotak pengering apabila menggunakan sumber panas minyak tanah disajikan pada Gambar 5. Suhu dalam kotak pengering dipertahankan pada kisaran 40-45°C (suhu pengeringan untuk benih). Pada alat pengering dengan bahan bakar minyak tanah, variasi suhu pada kotak pengering 1-7 mencapai $\pm 10^\circ\text{C}$ dan pola sebaran suhu tidak merata, makin jauh dari kompor makin tinggi suhu. Pengamatan suhu pada titik kotak enam (K6) dan K2 serta titik di dekat tungku (K3, K5, K7) menunjukkan bahwa suhu pada bagian arah kiri kotak pengering lebih tinggi dibanding sebelah kanan. Hal ini diduga karena perputaran kipas *blower* (searah perputaran jarum jam) terhalang oleh pengarah aliran panas di depannya



Gambar 3. Pola sebaran suhu pada kotak pengering jagung dengan sumber panas sinar matahari dan tungku pembakaran tanpa bahan (Prabowo *et al.* 2000).



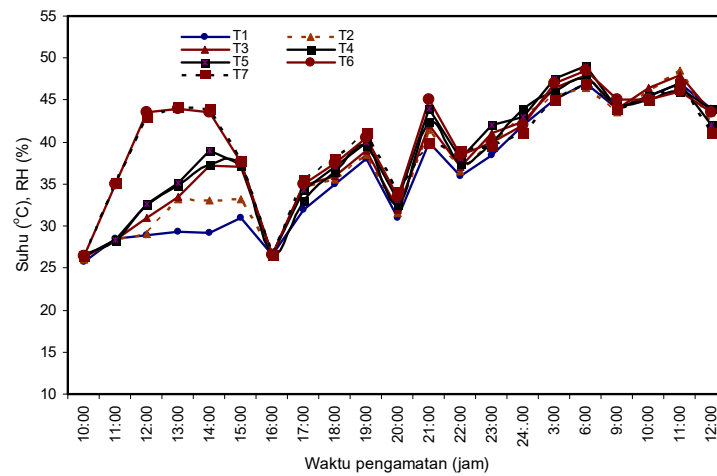
Gambar 4. Pola sebaran suhu dan RH pada kotak pengering jagung dengan sumber panas sinar matahari dan tungku pembakaran dengan bahan (Prabowo *et al.* 2000).



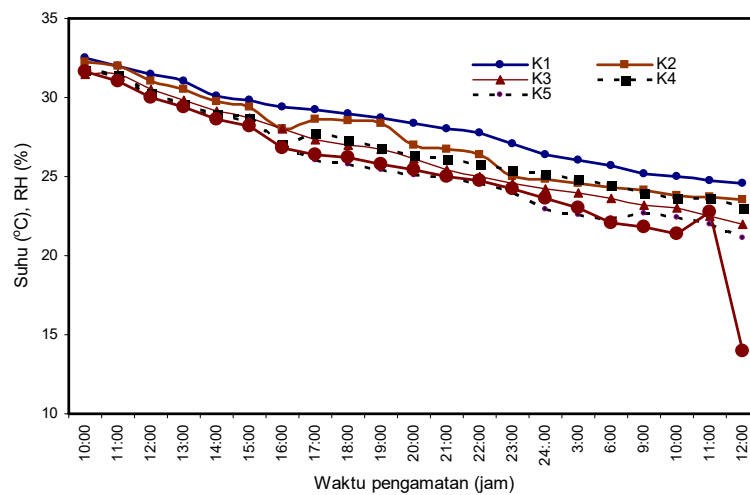
Gambar 5. Penurunan kadar air biji jagung yang dikeringkan dengan sumber panas sinar matahari dan tungku pembakaran (Prabowo *et al.* 2000).

yang mempunyai kisi-kisi berlawanan arah perputaran jarum jam, sehingga arah aliran panas yang masuk berlawanan arah dengan hembusan kipas. Sebaran suhu yang tidak merata menyebabkan adanya fenomena *hot-spot*, yaitu tidak seragamnya penurunan kadar air biji yang dikeringkan. Ketidaksamaan kandungan air biji dalam satu siklus proses pengeringan menyebabkan kualitas biji jagung tidak seragam.

Pola penurunan kadar air biji pada alat pengering yang menggunakan sumber panas minyak tanah terlihat pada Gambar 6. Kadar air awal biji



Gambar 6. Pola sebaran suhu alat-mesin pengering jagung dengan sumber panas minyak tanah (Prabowo *et al.* 2000).



Gambar 7. Laju penurunan kadar air jagung yang dikeringkan dengan alat-mesin pengering dengan sumber panas minyak tanah (Prabowo *et al.* 2000).

pada tongkol adalah 32%, kemudian menurun menjadi 26% selama 23 jam pengeringan dengan variasi penurunan kadar air $\pm 10\%$.

Alsin Pengering Jagung tanpa Pembalikan Biji

Untuk mengurangi tenaga pembalikan biji jagung pada saat pengeringan telah dirancang alat pengering model PTP-4K-Balitseral. Alat pengering

Tabel 4. Pengering jagung model PTP-4K-Balitsereal.

Uraian	Nilai
Kapasitas (kg/sekali proses)	2.000
Laju pengeringan(% kadar air biji/jam)	0,80
Efisiensi pengeringan (%)	88,88
Perbedaan kadar air biji antara di lapisan bawah & atas (%)	0,05-0,2
Jumlah tenaga pembalikan biji (orang)	0
Sumber panas dari pembakaran	Kayu/janggal
Biaya pokok pengeringan (Rp/kg)	73*)

*) Perhitungan pada tahun 2004

Sumber: Firmansyah *et al.* (2004)

tersebut diuji untuk mengeringkan benih jagung varietas Lamuru dengan biaya pokok Rp 73/kg (Tabel 4) dan diharapkan dapat mendukung sistem perbenihan berbasis komunitas.

PEMIPILAN

Pemipilan biji jagung berpengaruh terhadap butir rusak, kotoran, dan membantu mempercepat proses pengeringan. Proses pemipilan akan berlangsung dengan mudah dan kualitas pipilan tinggi apabila tanaman sudah mencapai umur panen yang ditentukan dan kadar air biji pada saat panen rendah (< 18%). Seperti kegiatan pengeringan, pemipilan jagung dapat dilakukan secara manual dengan tangan atau secara mekanis dengan bantuan alat-mesin.

Pemipilan secara Manual

Pemipilan secara manual dilakukan dengan cara memipil biji satu per satu dari tongkolnya, baik dengan tangan maupun dengan bantuan alat sederhana. Pemipilan biji dengan tangan tidak akan terjadi kerusakan fisik biji meskipun pada saat pemipilan kadar air biji tinggi (>30%). Cara pemipilan dengan tangan banyak dilakukan untuk penyediaan benih. Kerugian dari cara ini adalah memerlukan waktu yang lama dan membutuhkan banyak tenaga kerja, mencapai 9 HOK/ha.

Cara lain yang banyak dilakukan petani untuk memipil jagung pada saat kadar air biji masih tinggi adalah dengan memasukkan jagung ke dalam kantung, kemudian didiamkan selama 24 jam, lalu jagung yang masih berada di dalam kantung tersebut dipukul-pukul. Cara pemipilan dengan bantuan alat sederhana ini menyebabkan banyak biji yang rusak, terutama pada saat kadar air biji masih tinggi.

Pemipilan dengan alat sederhana yang lain adalah menggunakan alat gosok berupa papan kayu yang dipasang paku sebagai alat pencongkel biji jagung agar terlepas dari tongkolnya. Kapasitas kerja alat gosok berkisar antara 8-12,5 kg/jam/operator pada kondisi kadar air biji >25% dengan persentase biji rusak 6-9%.

Alat pemipil jagung yang mudah dipindah-pindah (*mobile*) dengan tenaga gerak manusia (Ramapil) telah dikembangkan oleh Balitkabi. Menyerupai becak, silinder perontok biji digerakkan dengan cara mengayuh. Kapasitas kerja Ramapil 400-500 kg jagung tongkol/jam. Alat pemipil jagung rancang bangun Balitkabi terdiri atas tiga tipe, yaitu tipe F11.223 dengan tenaga penggerak putar tangan, tipe F11.223 dengan tenaga penggerak injak, dan tipe F11.223 dengan tenaga penggerak kayuh pedal. Masing-masing alat mempunyai kapasitas kerja 191,9 kg/jam/orang (laki-laki) untuk tenaga gerak putar tangan, 114,9 kg/jam/orang (wanita) dengan tenaga gerak kayuh pedal.

Pemipilan secara Mekanis

Beberapa alat pemipil jagung bertenaga gerak mesin atau motor listrik telah dibuat oleh bengkel alat dan mesin pertanian di pedesaan, industri lokal, lembaga penelitian, dan perguruan tinggi. Sebagian besar alat pemipil yang ada di pasar saat ini hanya cocok untuk pemipilan jagung dengan kadar air <18%. Pemipil jagung bertenaga gerak mesin yang banyak digunakan petani di Jawa Timur menunjukkan tingkat kerusakan biji 18-21% untuk jagung dengan kadar air 32,5-35% pada putaran silinder perontok 600 rpm. Tingkat kerusakan biji tersebut melebihi standar yang ditetapkan oleh BULOG, yaitu 3%. Kapasitas kerja pemipil jagung bertenaga gerak mesin berkisar antara 0,8-1,2 t/jam.

Alat pemipil jagung bertenaga mesin 8-10 HP sudah banyak digunakan petani di sentra produksi jagung di Kediri dan Pare (Jawa Timur). Kapasitas pemipil tersebut $\pm$ 2 ton jagung tongkol per jam dengan rendemen biji pipilan 70-80% pada kadar air biji <18%. Biaya pemipilan adalah Rp 4.000/ton. Janggel jagung dapat dijual sebagai bahan bakar atau campuran pakan ternak dengan harga Rp 10-15/kg. Rendemen janggel berkisar antara 200-300 kg untuk setiap ton jagung gelondong basah.

Balitserereal telah mengembangkan alat pemipil jagung model TH6-M2 dengan tenaga penggerak motor 5,5 HP atau motor listrik. Alat pemipil TH6-M2 juga dapat digunakan untuk merontok padi dan kedelai. Kinerja pemipil TH6-M2 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kinerja alat pemipil TH6-M2 untuk jagung tongkol dan berkelobot.

Bentuk jagung	Putaran silinder perontok (rpm)	Kapasitas kerja (kg/jam)	Kebutuhan bahan bakar (l/jam)	Rendemen (%)
Tongkol	380	854	1,02	78,7
Berkelobot	420	581	1,25	70,0

Sumber: Lando dan Prastowo (1990)

Balitkabi juga telah merancang alat pemipil jagung bertenaga gerak enjin 7 HP yang diberi nama SENAPIL. Kapasitas kerja efektif SENAPIL untuk memipil jagung tongkol dengan diameter >5,0 cm adalah 1,1 t/jam. Untuk jagung tongkol berdiameter <5 cm dan >25 cm masing-masing 1,3 t dan 0,8 t/jam. Efisiensi pemipilan SENAPIL mencapai 99,96% dengan tingkat kerusakan biji 6% pada kadar air 15,5% basis basah (Tastra 1996).

Balitsereal telah memodifikasi mesin pemipil model PJ-M1 yang dilengkapi dengan komponen pengayak (Gambar 8). Komponen pengayak tersebut dimaksudkan untuk memisahkan biji jagung dengan serpihan tongkol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biji jagung yang dipipil dengan PJ-M1 telah memenuhi persyaratan SNI pada kadar air biji 15% saat pemipilan. Biaya pemipilan dengan mesin pemipil model PJ-M1 lebih murah (Rp 25/kg) dibanding mesin pemipil yang digunakan oleh umumnya petani (Rp 30/kg).

Tabel 6. Kinerja pemipil jagung model PJ-M1 Balitsereal.

Uraian	Alat pemipil			Standar mutu SNI**)		
	Manual	Alsin di tingkat petani	PJ-M1*)	M1	M2	M3
Kapasitas kerja	20 kg/jam/org	1 t/jam	1,4 t/jam	-	-	-
Biaya pemipilan	Rp 50/kg	Rp 30/kg	Rp 25/kg	-	-	-
Kualitas pipilan						
• Biji pecah (%)	-	3,7	0,2	1,0	2,0	3,0
• Biji tidak terpipil (%)	-	4,2	0,1	-	-	-
• Kotoran (%)	-	6,5	0,2	1,0	1,0	2,0

*) Saat dipipil kadar air biji 15%

**) M1, M2, M3 = Mutu 1, Mutu 2, Mutu 3

Sumber: Subandi *et al.* (2003)



Gambar 8. Alsin pemipil jagung model PJ-M1-Balitsereal (Subandi *et al.* 2003).

PENYIMPANAN

Fasilitas penyimpanan sangat diperlukan di sentra produksi jagung yang letaknya jauh dari industri pakan dan pangan. Adanya fasilitas yang memadai akan membantu petani dalam mendapatkan penawaran harga yang lebih baik.

Dalam proses penyimpanan, biji jagung masih mengalami proses pernafasan dan menghasilkan karbondioksida, uap air, dan panas (Champ and Highley 1986). Apabila kondisi ruang simpan tidak terkontrol maka akan terjadi kenaikan konsentrasi air di udara sekitar tempat penyimpanan, sehingga memberikan kondisi ideal bagi pertumbuhan serangga dan cendawan perusak biji. Pengaruh negatif lanjutan dari kenaikan suhu dan konsentrasi uap jenuh udara adalah meningkatnya proses respirasi dengan akibat sampingan makin meningkatnya suhu udara di ruang penyimpanan, yang akan mempercepat proses degradasi biji.

Penyimpanan jagung dapat berlangsung lama tanpa menurunkan kualitas biji apabila terjadi keseimbangan kondisi simpan antara kelembaban udara relatif lingkungan dengan kandungan air biji pada kondisi suhu tertentu. Penelitian menunjukkan bahwa pada suhu ruang simpan 28°C, kelembaban udara nisbi 70%, dan kadar air 14%, biji jagung masih mempunyai daya tumbuh 92% setelah disimpan selama enam bulan, sedangkan pada suhu simpan 38°C daya tumbuh benih menurun menjadi 81%.

Harga jagung umumnya rendah pada musim panen raya karena produksi yang berlebihan. Petani tidak dapat menunda penjualan jagungnya, karena tidak memiliki fasilitas penyimpanan yang memadai. Mereka umumnya menyimpan jagung dalam jumlah kecil, untuk keperluan benih dan konsumsi keluarga. Alat penyimpan berupa silo (Gambar 9) dari kayu yang berlapis seng di dinding bagian dalamnya dengan kapasitas satu ton dapat menyimpan benih/biji jagung sampai delapan bulan dan terhindar dari serangan kumbang bubuk *Sitophilus zeamays* (Tabel 7). Daya berkecambah benih masih di atas 80% setelah disimpan selama delapan bulan.

Dengan menyimpan selama beberapa bulan saja, petani akan memperoleh tambahan pendapatan karena harga jagung biasanya meningkat beberapa bulan setelah panen raya. Sebelum disimpan, biji/benih sebaiknya dikemas terlebih dahulu dalam kantong plastik, kemudian baru disimpan dalam fasilitas penyimpan yang terbuat dari bahan kayu atau multiplek.



Gambar 9. Alat penyimpanan biji/benih jagung yang terbuat dari kayu berlapis seng (Baco *et al.* 2000).

Tabel 7. Populasi kumbang bubuk *S. zeamays* per 250 g biji jagung pada beberapa alat penyimpanan.

Alat simpan	Populasi <i>S. zeamays</i> (ekor/250 g biji)				
	0 bulan	2 bulan	4 bulan	6 bulan	8 bulan
Silo kayu berlapis seng	0	0,50	1	0	0
Silo asbes	0	4	5,25	0,75	3,50
Jerigen plastik	0	0	0	0	0
Karung jumbo plastik	0	0	2,75	0	0
Cara petani (tongkol berkelobot)	0	7,25	12	13,75	6

Sumber: Baco *et al.* (2000)

STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI) MUTU JAGUNG

SNI telah menetapkan standar mutu untuk produk jagung, baik untuk pangan maupun pakan. Penetapan standar mutu jagung dilakukan berdasarkan berbagai kriteria seperti warna dengan ketentuan dan penggunaan sebagai berikut:

- Warna : - Jagung kuning apabila sekurang-kurangnya 90% bijinya berwarna kuning
 - Jagung putih apabila sekurang-kurangnya 90% bijinya berwarna putih
- Penggunaan : - Benih
 - Nonbenih

Klasifikasi dan penentuan standar mutu jagung dibagi atas dua persyaratan yaitu persyaratan umum dan khusus (Warintek 2007).

Syarat umum standar mutu jagung:

- Bebas dari hama penyakit
- Bebas bau busuk, asam, atau bau asing lainnya
- Bebas dari bahan kimia seperti insektisida dan fungisida
- Memiliki suhu normal

Syarat khusus standar mutu jagung dapat dilihat pada Tabel 8.

Beberapa negara, seperti Cina, Malaysia, dan Singapura telah menerapkan standar batas maksimum mikotoksin dalam biji jagung seperti disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Syarat khusus mutu jagung menurut SNI.

Parameter	Mutu			
	I	II	III	IV
Kadar air maksimum (%)	14	14	15	17
Butir rusak maksimum (%)	2	4	6	8
Butir warna lain maksimum (%)	1	3	7	10
Butir pecah maksimum (%)	1	2	3	3
Kotoran maksimum (%)	1	1	2	2

Sumber: Wärintek (2007)

Tabel 9. Standar batas maksimum kandungan mikotoksin pada biji jagung di beberapa negara.

Negara	Batas maksimum mikotoksin (ppb)
Cina	20
Malaysia	35 (bahan pangan)
Singapura	5
Indonesia	-

Sumber: Darmaputra (2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Baco, D., M. Yasin, J. Tandiabang, S. Saenong, dan T.M. Lando. 2000. Penanggulangan kerusakan biji jagung oleh hama *S. zeamays* dengan berbagai alat/cara penyimpanan. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 19:1-5.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker., and C.W. Arkema. 1974. Drying cereal grains. The A VI Publishing Co. Inc, West Port. USA.
- Champ, B.R. and Highley. 1986. Technological change in postharvest handling and transportation of grains in humid tropics. The International Seminar, Bangkok, Thailand. 10-12 September 1986.
- Dharmaputra, O. S. 2005. Kontaminasi mikotoksin pada bahan pangan dan pakan di Indonesia. Makalah disampaikan pada Simposium Mikotoksin dan Mikotoksis. Jakarta, 30 Juli 2005.
- Dharmaputra, O.S., I. Retnowati, H.K. Purwadaria, and M. Sidik. 1996. Survey on postharvest handling, *A. flavus* infection, and aflatoxin contamination of maize collected from farmers and traders. In: B.R. Champ and E. Highley (Eds.). Bulk handling and storage of grain in

the humid tropics. Proc. of an International Workshop held at Kuala Lumpur, Malaysia, 6-9 October 1987, p. 58-68.

- Firmansyah, I.U., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, dan Y. Sinuseng. 2006. Proses pascapanen untuk menunjang perbaikan produk biji jagung berskala industri dan ekspor. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 1-15.
- Firmansyah, I.U., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, dan Y. Sinuseng. 2005. Proses pascapanen untuk menunjang perbaikan produk biji jagung berskala industri dan ekspor. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 20-25.
- Firmansyah, I.U., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, Y. Sinuseng, F. Koes, dan J. Tandiang. 2004. Teknologi pascapanen primer jagung dan sorgum untuk pangan, pakan, benih yang bermutu dan kompetitif. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 1-35.
- Handerson, S.M and R.L. Perry. 1982. Agricultural process engineering. Third edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport Connecticut.
- Lando, T.M. dan B. Prastowo. 1990. Penelitian penampilan perontok multikomoditi. Hasil Penelitian Mekanisasi dan Teknologi. 10:93-101.
- Muda, B.A.R., I. Abas, B.M. Nour, and R. Abdullah. 1988. Sealed storage of milled rice under carbon dioxide. *In*: B.R. Champ and E. Highley (Eds.). Bulk handling and storage of grain in the humid tropics. Proc. of an International Workshop held at Kuala Lumpur, Malaysia, 6-9 October 1987, p. 189-196.
- Muhlbauer, W. 1983. Drying of agricultural products with solar energi. Proceedings of Technical Consultation of European Cooperative Network on Rural Energy, Tel. Aviv, Israel. 3:29-36.
- Prabowo, A., Y. Sinuseng, dan IGP. Sarasutha. 2000. Evaluasi alat pengering jagung dengan sumber panas sinar matahari dan pembakaran tongkol jagung. Hasil Penelitian Kelti Fisiologi. Balitjas, Maros.
- Prastowo, B., I G.P. Sarasutha, T.M. Lando, Zubachtirodin, B. Abidin, dan R.H. Anasiru. 1998. Rekayasa teknologi mekanis untuk budi daya tanaman jagung dan upaya pascapanennya pada lahan tadah hujan. Jurnal Engineering Pertanian 5(2):39-62.
- Subandi, Zubachtirodin, S. Saenong, W. Wakman, M.Dahlan, M. Mejaya, I.U. Firmansyah, dan Suryawati. 2003. Highligh Balai Penelitian Tanaman Serealia 2002. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 14-16.

- Syarief, R. dan J. Kumendong. 1997. Penanganan panen dan pascapanen jagung dalam rangka peningkatan mutu jagung untuk industri/ ekspor. Seminar Temu Teknis Badan Pengendali Bimas, Departemen Pertanian. Jakarta, 27 Pebruari 1997.
- Tastra, I.K. 1996. Pemipil jagung "SENAPIL", komponen paket supra insus dan pemacu agroindustri dan agribisnis jagung di pedesaan lahan kering. Monograf Balitkabi No. 1-1996.
- Warintek. 2007. Jagung (*zea mays*), klasifikasi dan standar mutu. www.warintek.progressio.or.id. p. 1-3.
- Weibe, L.A. and L.F. Bjeldanes. 1981. Fusarium, a mutagen from fusarium moniliforme grown on corn. *Journal of Food Science* 24. p. 14-24.



Teknologi Pengolahan Jagung

Nur Richana¹ dan Suarni²

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen, Bogor

²Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung berperan penting dalam perekonomian nasional dengan berkembangnya industri pangan yang ditunjang oleh teknologi budi daya dan varietas unggul. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat, Indonesia mengimpor jagung hampir setiap tahun. Pada tahun 2000, impor jagung mencapai 1,26 juta ton (BPS 2005).

Selain untuk pengadaan pangan dan pakan, jagung juga banyak digunakan industri makanan, minuman, kimia, dan farmasi. Berdasarkan komposisi kimia dan kandungan nutrisi, jagung mempunyai prospek sebagai pangan dan bahan baku industri. Pemanfaatan jagung sebagai bahan baku industri akan memberi nilai tambah bagi usahatani komoditas tersebut (Suarni 2003, Suarni dan Sarasutha 2002, Suarni *et al.* 2005).

KARAKTERISTIK JAGUNG

Dalam upaya pengembangan produk pertanian diperlukan informasi tentang karakteristik bahan baku, meliputi sifat fisik, kimia, fisiko-kimia, dan gizi. Berdasarkan karakteristik bahan baku dapat disusun kriteria mutu dari produk yang akan dihasilkan maupun teknik dan proses pembuatannya.

Karakteristik Pati Jagung

Biji jagung mengandung pati 54,1-71,7%, sedangkan kandungan gulanya 2,6-12,0%. Karbohidrat pada jagung sebagian besar merupakan komponen pati, sedangkan komponen lainnya adalah pentosan, serat kasar, dekstrin, sukrosa, dan gula pereduksi.

Bentuk dan Ukuran Granula Pati

Bentuk dan ukuran granula pati jagung dipengaruhi oleh sifat biokimia dari khloroplas atau amyloplasnya. Sifat *birefringence* adalah sifat granula pati yang dapat merefleksi cahaya terpolarisasi sehingga di bawah mikroskop polarisasi membentuk bidang berwarna biru dan kuning.

French (1984) menyatakan, warna biru dan kuning pada permukaan granula pati disebabkan oleh adanya perbedaan indeks refraktif yang dipengaruhi oleh struktur molekul amilosa dalam pati. Bentuk heliks dari amilosa dapat menyerap sebagian cahaya yang melewati granula pati. Bentuk granula merupakan ciri khas dari masing-masing pati. Juliano dan Kongserree (1968) mengemukakan bahwa tidak ada hubungan yang nyata antara gelatinisasi dengan ukuran granula pati, tetapi suhu gelatinisasi mempunyai hubungan dengan kekompakan granula, kadar amilosa, dan amilopektin.

Pati jagung mempunyai ukuran granula yang cukup besar dan tidak homogen yaitu 1-7 μm untuk yang kecil dan 15-20 μm untuk yang besar. Granula besar berbentuk oval polyhedral dengan diameter 6-30 μm . Granula pati yang lebih kecil akan memperlihatkan ketahanan yang lebih kecil terhadap perlakuan panas dan air dibanding granula yang besar. Pengamatan dengan DSC pada berbagai ukuran granula memperlihatkan nilai entalpi dan kisaran suhu gelatinisasi yang lebih rendah dari ukuran granula yang lebih besar (Singh *et al.* 2005).

Amilosa dan Amilopektin Pati

Dibanding sumber pati lain, jagung mempunyai beragam jenis pati, mulai dari amilopektin rendah sampai tinggi. Jagung dapat digolongkan menjadi empat jenis berdasarkan sifat patinya, yaitu jenis normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa, jenis waxy mengandung 99% amilopektin, jenis amilomaize mengandung 20% amilopektin atau 40-70% amilosa, dan jagung manis mengandung sejumlah sukrosa di samping pati. Jagung normal mengandung 15,3-25,1% amilosa, jagung jenis waxy hampir tidak beramilosa, jagung amilomize mengandung 42,6-67,8% amilosa, jagung manis mengandung 22,8% amilosa (Tabel 1).

Amilosa memiliki 490 unit glukosa per molekul dengan rantai lurus 1-4 α glukosida, sedangkan amilopektin memiliki 22 unit glukosa per molekul dengan ikatan rantai lurus 1-4 α glukosida dan rantai cabang 1,6- α glukosida. Dengan proses penggilingan basah (*wet milling*) jenis waxy dan amilomaize

Tabel 1. Kandungan amilosa, daya pengembangan, dan nisbah kelarutan air.

Pati jagung	Amilosa (%)	Daya absorpsi (g/g) ($^{\circ}\text{C}$)	Kelarutan (%) ($^{\circ}\text{C}$)
Jagung normal	15,3-25,1	14,9-17,9 (90)	12,5-20,3 (90)
Waxy	0	30,2 (90)	10,5 (90)
Amilomize	42,6-67,8	6,3 (95)	12,4 (95)
Jagung manis	22,8	7,8 (90)	6,3 (90)

Sumber: Singh *et al.* (2005)

menghasilkan pati yang khas. Pati jagung waxy dan pati termodifikasi banyak dimanfaatkan karena sifat-sifatnya yang khas (viskositas, stabilitas panas, dan pH) setelah hidrasi. Pati jenis amilomaize digunakan dalam industri tekstil, permen gum, dan perekat papan.

Absorpsi dan Kelarutan Pati

Daya absorpsi air dari pati jagung perlu diketahui karena jumlah air yang ditambahkan pada pati mempengaruhi sifat pati. Granula pati utuh tidak larut dalam air dingin. Granula pati dapat menyerap air dan membengkak, tetapi tidak dapat kembali seperti semula (retrogradasi). Air yang terserap dalam molekul menyebabkan granula mengembang. Pada proses gelatinisasi terjadi pengrusakan ikatan hidrogen intramolekuler. Ikatan hidrogen berperan mempertahankan struktur integritas granula. Terdapatnya gugus hidroksil bebas akan menyerap air, sehingga terjadi pembengkakan granula pati. Dengan demikian, semakin banyak jumlah gugus hidroksil dari molekul pati semakin tinggi kemampuannya menyerap air. Oleh karena itu, absorpsi air sangat berpengaruh terhadap viskositas (Tester and Karkalas 1996).

Kadar amilosa yang tinggi akan menurunkan daya absorpsi dan kelarutan. Pada amilomaize dengan kadar amilosa 42,6-67,8%, daya absorpsi dan daya larut berturut-turut 6,3 (g/g)(°C) dan 12,4%. Jika jumlah air dalam sistem dibatasi maka amilosa tidak dapat meninggalkan granula. Nisbah penyerapan air dan minyak juga dipengaruhi oleh serat yang mudah menyerap air.

Amilograf Pati

Sifat amilograf pati diukur berdasarkan peningkatan viskositas pati pada proses pemanasan dengan menggunakan *Brabender Amylograph*. Selama pemanasan terjadi peningkatan viskositas yang disebabkan oleh pembengkakan granula pati yang *irreversible* dalam air. Energi kinetik molekul air lebih kuat daripada daya tarik molekul pati sehingga air dapat masuk ke dalam granula pati.

Suhu awal gelatinisasi adalah suhu pada saat pertama kali viskositas mulai naik. Suhu gelatinisasi merupakan fenomena sifat fisik pati yang kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran molekul amilosa, amilopektin, dan keadaan media pemanasan. Kadar lemak atau protein yang tinggi mampu membentuk kompleks dengan amilosa, sehingga membentuk endapan yang tidak larut dan menghambat pengeluaran amilosa dari granula. Dengan demikian, diperlukan energi yang lebih besar untuk melepas amilosa sehingga suhu awal gelatinisasi yang dicapai akan lebih tinggi.

Jagung beramilopektin tinggi mempunyai rantai 1-4 α -glukosidase yang lebih pendek dibanding jagung beramilosa tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap suhu gelatinisasi. Pati dengan amilosa tinggi menyebabkan suhu gelatinisasi lebih tinggi. Suhu gelatinisasi pati bahan baku juga berpengaruh terhadap efisiensi produksi. Semakin rendah suhu gelatinisasi semakin singkat waktu gelatinisasi, yaitu 20 menit untuk tapioka dan 22 menit untuk pati jagung.

Suhu puncak granula pecah pati jagung adalah 95°C dan tapioka 80°C, dengan waktu yang dibutuhkan berturut-turut 30 dan 21 menit. Sifat ini berkaitan dengan energi dan biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi. Pati akan terhidrolisis bila telah melewati suhu gelatinisasi.

Kadar amilopektin yang tinggi (99%) akan meningkatkan suhu awal (70,8°C), maupun suhu puncak gelatinisasi, yang diikuti oleh peningkatan energi (Tabel 2).

Viskositas maksimum merupakan titik maksimum viskositas pasta yang dihasilkan selama proses pemanasan. Suhu viskositas maksimum disebut suhu akhir gelatinisasi. Pada suhu ini granula pati telah kehilangan sifat *birefringence*-nya dan granula sudah tidak mempunyai kristal lagi. Komponen yang menyebabkan sifat kristal dan *birefringence* adalah amilopektin. Dengan demikian, amilopektin sangat berpengaruh terhadap viskositas. Viskositas puncak pati waxy (1524 BU), lebih tinggi dibanding pati jagung normal (975 BU), sedangkan jagung manis mempunyai viskositas puncak yang sangat rendah (85,2 BU).

Pati jagung normal lebih cepat mengalami retrogradasi dibandingkan dengan pati jagung lainnya, seperti ditunjukkan oleh viskositas dingin yang tinggi. Fenomena ini bisa terjadi karena pada waktu gelatinisasi, granula pati tidak mengembang secara maksimal. Akibatnya energi untuk memutus ikatan hidrogen intermolekul berkurang. Pada saat pendinginan terjadi, amilosa dapat bergabung dengan cepat membentuk kristal tidak larut. Sebaliknya, untuk jenis tepung yang lain, amilosa memiliki kemampuan bersatu yang rendah, karena energi untuk melepas ikatan hidrogennya juga rendah.

Tabel 2. Sifat amilograf pati beberapa jenis jagung.

Pati jagung	Suhu awal (°C)	Suhu puncak (°C)	Enthalpy (J/g)	Viskositas (BU)		
				Puncak	T=50°C	Balik
Jagung normal	64,0-68,9	68,9-72,1	8,0-11,2	975	1030	380
Waxy	70,8	75,1	13,6	1524	1251	216
Jagung manis	66,5	72,8	7,5	85,2	96	28,8

Sumber: Singh *et al.* (2005)

Karakteristik Protein Jagung

Protein jagung dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu albumin, globulin, glutelin, dan prolamin, yang masing-masing mengandung asam amino yang berlainan.

Prolamin merupakan kadar tertinggi pada protein jagung, mencapai 47%. Prolamin sedikit larut dalam air dan sangat larut dalam 70% etanol. Dalam pemanfaatannya untuk pakan, prolamin jagung kurang mendorong pertumbuhan ternak karena sedikit mengandung lisin dan triptofan, namun mengandung asam amino nonpolar yang tinggi. Dengan berkembangnya ilmu genetika dan pemuliaan telah dihasilkan beberapa varietas jagung yang mengandung triptofan cukup tinggi.

Gluten jagung dapat digunakan sebagai bahan pembuatan asam glutamat, meskipun gluten terigu lebih disukai karena kandungan asam glutamatnya lebih tinggi. Kekurangan gluten jagung biasa adalah protein yang tidak seimbang, karena kekurangan lisin dan triptofan (Winarno 1986). Balitsereal telah merakit jagung QPM (*Quality Protein Maize*) varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning dengan kandungan asam amino lisin 0,43% dan triptofan 0,13%, jauh lebih tinggi dibanding jagung biasa hanya mengandung lisin 0,20%, dan triptofan 0,04% (Suarni dan Firmansyah 2006).

Karakteristik Minyak Jagung

Bagian jagung yang mengandung minyak adalah lembaga (*germ*). Minyak jagung dapat diekstrak dari hasil proses penggilingan kering maupun basah, proses penggilingan yang berbeda akan menghasilkan rendemen minyak yang berbeda pula. Pada penggilingan kering (*dry-milled*), minyak jagung dapat diekstrak dengan pengepresan maupun ekstraksi hexan. Kandungan minyak pada tepung jagung adalah 18%. Untuk penggilingan basah (*wet-milling*), sebelumnya dapat dilakukan pemisahan lembaga, kemudian baru dilakukan ekstraksi minyak. Pada lembaga, kandungan minyak yang bisa diekstrak rata-rata 52%. Kandungan minyak hasil ekstraksi kurang dari 1,2%. Minyak kasar masih mengandung bahan terlarut, yaitu fosfatida, asam lemak bebas, pigmen, *waxes*, dan sejumlah kecil bahan *flavor* dan *odor* (Tabel 3.)

TEKNOLOGI PENGOLAHAN

Jagung merupakan sumber kalori pengganti atau suplemen bagi beras, terutama bagi sebagian masyarakat pedesaan di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi. Dewasa ini, proporsi penggunaan jagung sebagai bahan pangan cenderung menurun, tetapi meningkat sebagai pakan dan bahan

Tabel 3. Komposisi minyak jagung murni.

Karakterisasi kimia	(%)	Karakterisasi fisik	
Trigliserida	98,8	Indeks refraksi	1,47
Kejenuhan:		Angka lod	125-128
- Saturates (S)	12,9	Titik padat	-20 s/d -10
- Mono-unsaturates	24,8	Titik cair	-16 s/d -11
- Polyunsaturates (P)	61,1	<i>Smoke point</i>	221 s/d 260
- Rasio P/S	4,8	<i>Flash point</i>	302 s/d 338
Profil asam lemak trigliserida		<i>Fire point</i>	310 s/d 371
- Palmitat (16:0)	11,1-12,8	Spesific gravity	0,918-0,925
- Stearat (18:0)	1,4-2,2	Berat jenis (kg/l)	0,92
- Oleat(18:1)	22,6-36,1	Viskositas (cp)	15,6
- Linoleat(18:2)	49,0-61,9	Warna	-
- Linolenat(18:3)	0,4-1,6	- Kuning	20-35
- Arasidat(20:0)	0,0-0,2	- Merah	2,5-5,0
Fosfolipid	0,04	Panas pembakaran	-
Asam lemak bebas (% oleat)	0,02-0,03	(cal/g)	9,42
Waxes	0	-	-
Kolesterol	0	-	-
Fitosterol	1,1	-	-
Tokoferol	0,09	-	-
karotenoid	td	-	-

baku industri. Sebagai bahan pangan, jagung dikonsumsi dalam bentuk segar, kering, dan dalam bentuk tepung.

Alternatif produk yang dapat dikembangkan dari jagung mencakup produk olahan segar, produk primer, produk siap santap, dan produk instan.

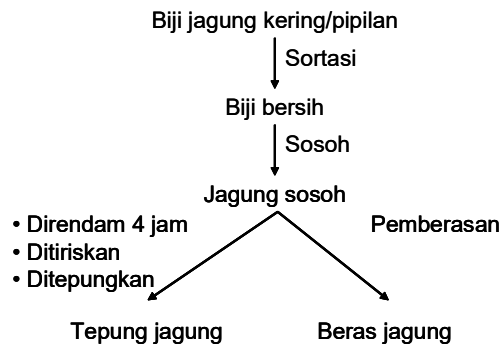
Produk Jagung Primer (Bahan Baku)

Jagung dapat disiapkan menjadi bahan setengah jadi (primer) sebagai bahan baku industri. Bentuk produk ini umumnya bersifat kering, awet, dan tahan disimpan lama, antara lain adalah beras jagung, tepung, dan pati.

Tepung dan Beras Jagung

Produk jagung yang paling banyak dikonsumsi rumah tangga di perkotaan adalah dalam bentuk basah dengan kulit, sedang di pedesaan dalam bentuk pipilan. Jagung pipilan kering dapat diolah menjadi bahan setengah jadi (jagung sosoh, beras jagung, dan tepung). Pembuatan beras jagung dengan menggunakan alat proses disajikan pada Gambar 1.

Jagung sosoh dapat diolah menjadi *bassang*, yaitu makanan tradisional Sulawesi Selatan, sedangkan beras jagung dapat ditanak seperti layaknya beras biasa. Tepung jagung dapat diolah menjadi berbagai makanan atau



Gambar 1. Proses pembuatan beras dan tepung jagung.

mensubstitusi terigu pada proporsi tertentu, sesuai dengan bentuk produk olahan yang diinginkan (Suarni dan Firmansyah 2005).

Tepung jagung bersifat fleksibel karena dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan dan relatif mudah diterima masyarakat, karena telah terbiasa menggunakan bahan tepung, seperti halnya tepung beras dan terigu.

Kandungan nutrisi biji jagung mengalami penurunan setelah diolah menjadi bahan setengah jadi (Tabel 4).

Pemanfaatan tepung jagung komposit pada berbagai bahan dasar pangan antara lain untuk kue basah, kue kering, mie kering, dan roti-rotian. Tepung jagung komposit dapat mensubstitusi 30-40% terigu untuk kue basah, 60-70% untuk kue kering, dan 10-15% untuk roti dan mie (Antarlina dan Utomo 1993, Munarso dan Mudjisihono 1993, Azman 2000, Suarni 2005a).

Pada proses pembuatan beras jagung terdapat hasil sampingan berupa bekatul yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat kasar yang sangat berguna bagi tubuh (*dietary fiber*). Bekatul dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain dalam pembuatan kue kering berserat tinggi (Suarni 2005b).

Pati Jagung

Pati jagung dalam perdagangan disebut tepung maizena. Proses pembuatan pati meliputi perendaman, penggilingan kasar, pemisahan lembaga dan endosperm, pemisahan serat kasar dari pati dan gluten, pemisahan gluten dari pati, dan pengeringan pati (Gambar 2).

Tabel 4. Kandungan nutrisi biji, beras dan tepung jagung.

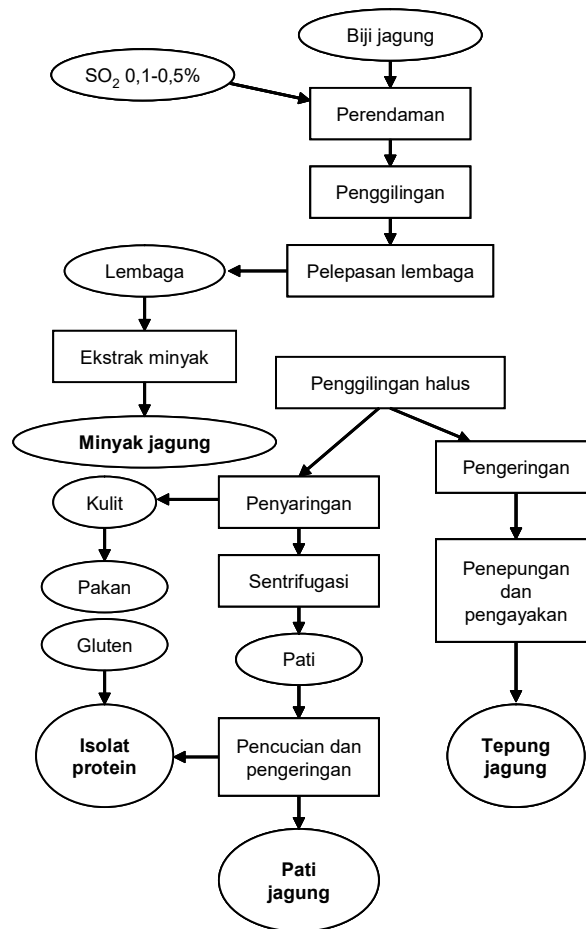
Komposisi/ varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Lemak (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbo- hidrat (% bb)
MS2						
Biji	10,72	1,89	5,56	9,91	2,05	71,98
Beras jagung	10,55	1,72	3,12	8,24	1,88	76,31
Tepung metode basah	10,15	0,98	1,99	6,70	1,05	79,98
Tepung metode kering	9,45	1,05	2,05	7,89	1,31	79,51
Srikandi Putih						
Biji	10,08	1,81	5,05	9,99	2,99	73,07
Beras jagung	10,08	1,64	4,25	8,22	2,05	75,89
Tepung metode basah	10,05	0,94	2,08	7,24	1,05	79,70
Tepung metode kering	9,24	1,08	2,38	7,89	1,29	79,45
Lokal pulut						
Biji	11,12	1,99	4,97	9,11	3,02	72,81
Beras jagung	10,45	1,89	3,25	7,22	1,88	77,23
Tepung metode basah	11,00	0,98	1,78	6,80	1,15	79,46
Tepung metode kering	9,86	1,15	2,25	7,45	1,62	79,28
Lokal nonpulut						
Biji	10,09	2,01	4,92	8,78	3,12	74,20
Beras jagung	10,45	1,78	3,87	7,99	2,19	75,99
Tepung metode basah	10,82	0,79	1,86	6,97	1,06	79,56
Tepung metode kering	9,59	1,08	2,17	7,54	1,89	79,75

Sumber: Suarni *et al.* (2005).

Dari 100 kg jagung pipilan kering dapat diperoleh 3,4-4,0 kg minyak jagung, 27-30 kg bungkil, dan 64-67 kg pati, sedangkan 15-25 kg sisanya hilang terbuang dalam tahapan prosesing. Pati jagung dianggap baik mutunya untuk penggunaan normal biasanya mengandung 0,025-0,030% protein terlarut dengan protein total 0,35-0,45%.

Pati jagung normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa, jenis pulut mengandung 95-99% amilopektin, sedangkan *amilomaize* hanya mengandung 20% amilopektin dan 80% amilosa. Penggunaan pati dalam makanan sangat terbatas, karena tidak tahan terhadap asam, suhu, dan *shear*. Ketiga faktor tersebut sangat berperan dalam proses suatu makanan. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memodifikasi pati secara kimia atau enzimatik. Pengaruh modifikasi terhadap sifat fungsional pati bergantung kepada jenis pati dan pereaksi yang digunakan.

Modifikasi pati secara ikatan silang dengan pereaksi fosfoklorida dapat meningkatkan kekentalan dan menurunkan suhu gelatinisasi. Bentuk dan ukuran granula serta densitas pati jagung termodifikasi tidak berubah, tetapi terjadi peningkatan daya serap air dan minyak. Pati jagung termodifikasi



Gambar 2. Proses penggilingan jagung basah (*wet milling*).

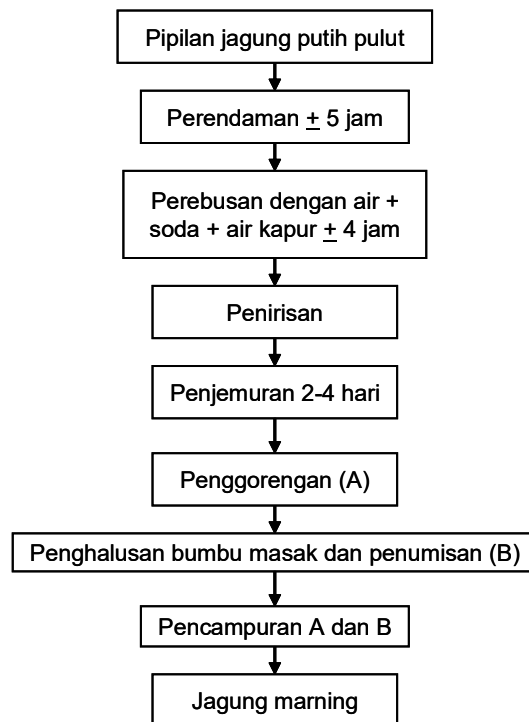
masih menunjukkan penurunan kekentalan apabila disimpan pada suhu dingin. Pada derajat ikatan silang tertentu, kekentalan meningkat dengan turunnya pH media. Kekentalan pati tepung termodifikasi tersebut lebih stabil, karena itu dapat digunakan dalam pengisian kue pie dan pembuatan saos (Afdi 1989).

Modifikasi tepung jagung secara enzimatik menunjukkan perubahan sifat fisikokimia dan fungsional, kadar amilosa, dan derajat polimerisasi (DP) mengalami penurunan, gula reduksi dan dekstroza equivalent (DE) mengalami kenaikan. Tekstur tepung termodifikasi lebih halus dibanding tepung aslinya (Suarni 2006).

Marning Jagung

Jagung pipilan kering dapat diolah menjadi jagung marning dan emping jagung. Olahan tersebut sangat digemari masyarakat sehingga dapat menjadi produk industri rumah tangga. Jagung marning adalah sejenis makanan ringan (*snack*) yang dikonsumsi setelah melalui proses pengolahan sederhana. Pipilan jagung putih yang telah disortir direndam dengan air selama ± 15 jam, kemudian direbus selama ± 4 jam dengan air yang diberi soda dan air kapur, agar jagung cepat mengembang dan menjadi renyah setelah digoreng. Selanjutnya, jagung masak dicuci hingga lendir hilang dan bersih, ditiriskan, kemudian dijemur selama 2-3 hari, bergantung keadaan cuaca. Pembuatan jagung marning dan emping jagung disajikan pada Gambar 3.

Aroma dan rasa dapat diperbaiki dengan cara menambahkan bumbu masak seperti garam, cabai, bawang putih, bawang merah, dan merica (sesuai selera konsumen). Bumbu masak dihaluskan dan ditumis, kemudian dicampurkan pada jagung yang sudah digoreng, diaduk hingga merata, dan dikemas dalam kantong plastik. Jagung pulut mengandung amilosa



Gambar 3. Tahapan pembuatan jagung marning.

rendah dan amilopektin tinggi, sehingga sesuai untuk olahan jagung marning dan emping (Suarni 2003).

Proses pembuatan emping jagung hampir sama dengan jagung marning, hanya pada emping ada proses pemipihan sebelum penjemuran, dan penggorengan (Suarni 2005a).

Produk Instan Jagung

Beras Jagung Instan

Beras jagung instan merupakan produk pangan instan berbentuk granulat. Meskipun berpenampilan seperti beras padi, proses pemasakan beras jagung tidak sama dengan beras padi. Pemasakannya cukup direbus dengan air atau susu dalam waktu singkat.

Cara pembuatannya, jagung pipilan digiling kasar, lalu diayak menggunakan ayak dengan ukuran lubang 1,4 mm. Fraksi yang lolos ayakan adalah dedak, kemudian ditampi untuk menghilangkan kotoran, lalu dicuci, dan direndam selama dua jam, seterusnya ditiriskan, dikeringkan hingga permukaan kering. Rebus hingga terbentuk bubur, ditandai oleh mengentalnya adonan. Kemudian bubur jagung didinginkan, lalu dikemas dalam plastik. Masukkan kemasan tersebut ke dalam freezer (Suhu -20°C). Setelah pembekuan selama 24 jam lalu produk dilunakkan (*thawing*) dengan perendaman air yang diganti setiap lima menit. Kemudian bubur jagung dikeringkan pada suhu $60-70^{\circ}\text{C}$ selama tiga jam. Kemas beras jagung instan dengan kemasan plastik.

Dengan sentuhan teknologi, pengolahan jagung menjadi jagung instan (bahan baku *bassang*) akan mempersingkat waktu penyiapan dari 15-18 jam menjadi 1/2 jam. Produk jagung instan cepat mengalami kerusakan, maka diperlukan upaya untuk memperpanjang masa simpan, yaitu dengan cara pemberian kemasan yang sesuai. Proses instanisasi pada beras padi dapat diterapkan pada beras jagung.

Pada proses instanisasi beras jagung (bahan *bassang*) dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut: perendaman, pengeluaran kulit, pengukusan (*steaming*), dan pengeringan (*drying*). Perendaman bertujuan untuk memperoleh absorpsi yang cepat dan seragam dari air (Tawali *et al.* 2003).

Pati Jagung untuk Gula

Indonesia adalah pengimpor gula nomor dua terbesar di dunia. Kebutuhan gula nasional mencapai 3,3 juta ton per tahun, sementara produksi hanya

1,7 juta ton atau hanya 51,5% dari kebutuhan. Harga gula impor lebih murah dibandingkan dengan harga produksi dalam negeri. Produktivitas gula di Indonesia masih rendah, sementara efisiensi sistem produksi juga rendah karena tingginya biaya produksi. Ditambah lagi dengan adanya dampak kenaikan BBM, sehingga harga gula makin tinggi.

Gula alternatif yang sekarang sudah digunakan antara lain adalah gula siklambat, stearin, dan gula dari hidrolisa pati. Gula dari pati dapat berupa sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol. Gula pati tersebut mempunyai rasa dan tingkat kemanisan yang hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan beberapa jenis lebih manis. Gula pati dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, umbi-umbian, sagu, dan jagung. Di Indonesia, industri gula dengan bahan baku pati baru dimulai pada tahun 80-an.

Sirup Glukosa

Sirup glukosa atau gula cair mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa dibuat melalui proses hidrolisis pati. Bahan baku yang dapat digunakan adalah bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu, dan jagung. Sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam atau secara enzimatis. Rendemen glukosa secara enzimatis dipengaruhi oleh tinggi dan panjang rantai amilosa, semakin panjang rantai amilosa, semakin tinggi rendemen. Hidrolisis enzimatis jagung jenis *amylomaize* menghasilkan rendemen hidrolisat pati lebih tinggi dibanding jagung jenis normal maupun pulut.

Glukosa telah dimanfaatkan oleh industri kembang gula, minuman, biskuit, dan sebagainya. Permasalahan pada industri glukosa saat ini adalah kontinuitas penyediaan bahan baku dan fluktuasi harga bahan baku. Pada pembuatan produk es krim, glukosa dapat meningkatkan kehalusan tekstur dan menekan titik beku dan untuk kue dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama dan mengurangi keretakan. Untuk permen, glukosa lebih disenangi karena dapat mencegah kerusakan mikrobiologis, dan memperbaiki tekstur.

Dalam pembuatan sirup glukosa, pemilihan sumber pati harus mempertimbangkan kandungan amilosa dan amilopektinnya. Sumber pati yang mempunyai amilopektin tinggi lebih baik karena memiliki pati ISP (*Insoluble Starch Particles*) yang dapat dihidrolisis secara asam maupun enzimatis.

Rendemen sirup glukosa dipengaruhi oleh bahan baku. Richana *et al.* (1999) melaporkan bahwa rendemen sirup glukosa dari tapioka lebih tinggi dibanding pati garut atau sagu aren (Richana *et al.* 1999). Di samping itu, pati juga harus berprotein dan lemak rendah karena menyebabkan adanya

reaksi maillard yang dapat menyebabkan warna kecoklatan pada sirup. Pengecekan bahan baku pati dilakukan secara ketat karena sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan.

Bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan sirup glukosa adalah enzim alfa amilase, glukamilase, karbon aktif, resin, bahan kimia NaOH dan HCl untuk pengatur pH dan NaHCO_3 untuk menstabilkan pH.

Proses produksi sirup glukosa meliputi likuifikasi, sakarifikasi, penjernihan, penetralan, dan evaporasi. Tahap likuifikasi adalah proses hidrolisa pati menjadi dekstrin oleh α -amilase pada suhu di atas suhu gelatinisasi dan pH optimum aktivitas α -amilase, selama waktu yang telah ditentukan untuk setiap jenis enzim. Proses likuifikasi berlangsung pada suhu 95°C (aktivitas enzim termofilik), karena itu suhu gelatinisasi pati yang akan dihidrolisis sebaiknya kurang dari 95°C . Di bawah suhu gelatinisasinya, pati tidak akan terurai atau terhidrolisis secara enzimatis maupun asam. Sesudah itu tangki diusahakan pada suhu 105°C dan pH 4,0-7,0 untuk pemasakan sirup sampai semua amilosa dapat terdegradasi menjadi dekstrin. Setiap dua jam, sirup pada tangki dianalisis kadar amilosanya dengan uji iod untuk mengetahui nilai DE (*Dextrose Equivalen*). Bila iod sudah menunjukkan warna coklat berarti amilosa sudah terdegradasi (nilai DE sekitar 8,0-14,0) maka proses likuifikasi sudah selesai.

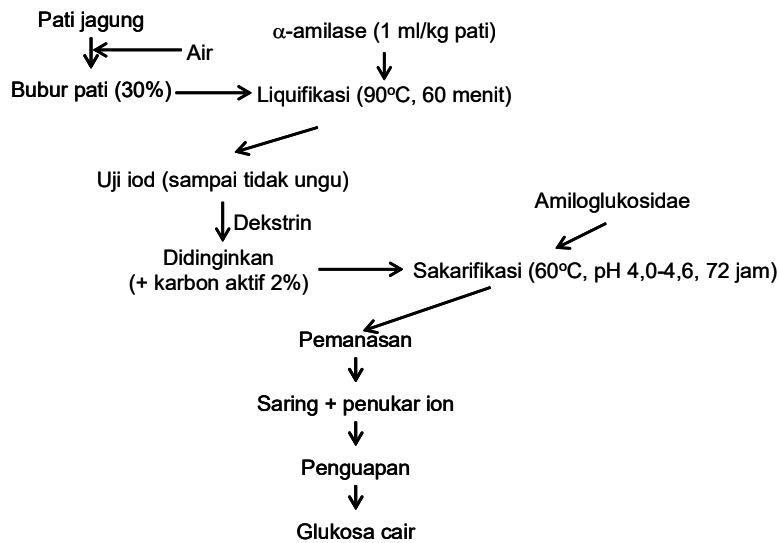
Pada proses sakarifikasi, dekstrin didinginkan sampai 60°C , pH diatur pada angka 4,0-4,6. Proses ini biasanya berlangsung selama 72 jam dengan pengadukan secara terus-menerus. Proses sakarifikasi dianggap selesai bila sirup telah mencapai nilai DE minimal 94,5%, nilai warna 60%, transmitsen dan Brix 30-36.

Selanjutnya dilakukan proses pemucatan, penyaringan dan penguapan. Pemucatan bertujuan untuk menghilangkan bau, warna, kotoran, dan menghentikan aktivitas enzim. Absorben yang digunakan adalah karbon aktif sebanyak 2% dari bobot pati. Penyaringan bertujuan untuk memisahkan karbon aktif yang tertinggal dan kotoran yang belum terserap oleh karbon aktif.

Proses penukar ion dilakukan untuk memisahkan ion-ion logam yang tak diinginkan, dan tahap penguapan dilakukan untuk mendapatkan sirup glukosa dengan kekentalan seperti yang dikehendaki, yaitu Brix 50-85.

Sirup Fruktosa

Sirup fruktosa dibuat dari glukosa melalui proses isomerisasi menggunakan enzim glukosa isomerase (Mercier and Colonna 1988). Fruktosa dan glukosa sama-sama mempunyai rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang hanya dibedakan



Gambar 4. Proses produksi glukosa cair dari pati jagung.

jumlah ring dan posisi gugus hidroksil (-OH)nya. Dengan perubahan konfigurasi glukosa menjadi fruktosa menyebabkan sifat sirup stabil dan memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi.

Sirup fruktosa memiliki tingkat kemanisan (*relative sweetness*) 2,5 kali lebih tinggi dibanding sirup glukosa dan 1,4-1,8 kali lebih tinggi dibanding gula sukrosa. Sirup fruktosa memiliki indeks glikemik lebih rendah (32 ± 2) dibanding glukosa (138 ± 4), sedangkan sukrosa memiliki indeks sebesar 87 ± 2 Anonymous (2004).

Berdasarkan keunggulannya maka fruktosa tidak hanya dapat digunakan untuk penderita diabetes tetapi juga untuk produk *soft drink*, sirup, jelly, jam, cocktail, dan sebagainya. Di Amerika pada tahun 1980 kebutuhan fruktosa dan sukrosa per kapita masing-masing adalah 39 lb dan 84 lb/tahun. Pada tahun 1994 terjadi pergeseran konsumsi fruktosa menjadi 83 lb dan sukrosa 66 lb. Data tahun 2004 menunjukkan angka yang lebih besar, yaitu 149 lb fruktosa dan hanya 19% yang digunakan untuk diet (Bray *et al.* 2004). Sirup fruktosa dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu HFS-42, HFS-55, dan HFS-90 yang masing-masing mengandung 42, 55, dan 90% fruktosa.

Bahan baku utama fruktosa adalah sirup glukosa, dan bahan pembantu sama dengan produk sirup glukosa, kecuali enzimnya berupa enzim glukoisomerase. Tahapan pembuatan fruktosa meliputi isomerisasi, proses

penukar ion, penguapan, dan pemisahan fruktosa dengan glukosa menggunakan F/G separator. Isomerisasi bertujuan untuk mengkonversi glukosa menjadi fruktosa dengan bantuan enzim glukoisomerase. Proses ini berlangsung pada kolom isomerasi, suhu 60°C, dan pH 7,2-8,0. Untuk mencapai hasil optimal, sirup glukosa yang akan diproses harus sesuai dengan kondisi kerja enzim. Prinsip alat F/G separator sama dengan khromatografi, dengan resin sebagai medium pemisah. Dari proses pemisahan akan diperoleh sirup HFS dengan kandungan sekitar 85% sebagai hasil proses dan sirup glukosa yang akan dikembalikan lagi ke proses isolerasi.

Maltosa

Maltosa adalah disakarida yang terdiri atas ikatan glukosa dan glukosa. Sifat dan pemanfaatannya hampir sama dengan sirup glukosa. Pembuatan sirup maltosa hampir sama dengan glukosa, hanya jenis enzimnya yang berbeda. Maltosa memiliki karakteristik yang khas, mengatur viskositas, tidak mempengaruhi flavor, tekanan osmotik dan kelarutan tinggi, dan tidak mengubah tekstur produk.

Sorbitol

Sorbitol merupakan polihidrat, serupa dengan gliserin dan merupakan gula alkohol yang mudah larut dalam air. Sorbitol secara komersial dibuat dari glukosa dengan Brix 45-50, dihidrogenasi tekanan tinggi atau reduksi elektrolit melalui reaksi kimia atau dapat dengan teknik fermentasi. Bahan pembantu adalah katalis nikel untuk proses hidrogenasi, MgO sebagai aktivator, dan gas hidrogen untuk hidrogenasi dan gas nitrogen pada perlakuan *purging*, sebelum bahan masuk ke autoklaf. Konversi glukosa ke dalam bentuk sorbitol merupakan reaksi adisi dua unsur hidrogen terhadap aldosa (glukosa) melalui pemutusan ikatan rangkap C dan O pada gugus fungsional aldehyd. Proses tersebut terjadi pada tahap hidrogenasi. Sebagai gula alkohol, sorbitol digunakan untuk bahan pemanis yang tidak meningkatkan kadar gula dalam darah, seperti halnya fruktosa.

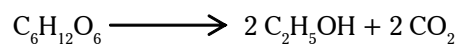
Indonesia mempunyai sumber bahan baku gula alternatif yang melimpah. Seandainya sebagian produk sirup, jelly, *soft drink*, dan produk *beverage* lainnya sudah menggunakan gula pati maka akan ada pergeseran kebutuhan gula sukrosa ke gula pati. Jika hal tersebut terwujud maka pasokan gula tidak hanya dari gula sukrosa/gula pasir tapi juga dari gula fruktosa dan jenis gula pati lainnya. Hal ini akan berdampak terhadap pemanfaatan sumber bahan berpati yang ketersediaannya melimpah. Dengan produksi yang meningkat akan menekan biaya produksi, sehingga harga dapat bersaing dengan gula pasir.

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol adalah ethyl alkohol (C_2H_5OH) yang dapat dibuat dengan cara sintesis ethylen atau dengan fermentasi glukosa. Bioetanol dapat dibuat dari pati jagung yang telah diproses menjadi glukosa. Di Amerika, kebutuhan jagung terus meningkat karena selain untuk pakan juga digunakan sebagai bahan baku bioetanol.

Etanol diproduksi melalui hidrasi katalitik dari etilen atau melalui proses fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* juga diketahui memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi dalam memproduksi etanol (Gokarn *et al.* 1997).

Secara teoritis, hidrolisis glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Perbandingan mol antara glukosa dan etanol dapat dilihat pada reaksi berikut ini:



Satu mol glukosa menghasilkan 2 mol ethanol dan 2 mol karbon-dioksida, atau dengan perbandingan bobot tiap 180 g glukosa akan menghasilkan 90 g etanol. Dengan melihat kondisi tersebut, perlu diupayakan penggunaan substrat yang murah untuk dapat menekan biaya produksi etanol sehingga harganya bisa lebih mudah.

Penggunaan bioetanol di antaranya adalah sebagai bahan baku industri, minuman, farmasi, kosmetika, dan bahan bakar. Beberapa jenis etanol berdasarkan kandungan alkohol dan penggunaannya adalah (1) *Industrial crude* (90-94,9% v/v), *rectified* (95-96,5% v/v), (2) jenis etanol yang netral, aman untuk bahan minuman dan farmasi (96-99,5% v/v), dan (3) etanol untuk bahan bakar, *fuel grade* etanol (99,5-100% v/v).

Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi adalah tidak memberikan tambahan *netto* karbon-dioksida pada lingkungan karena CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari CO_2 digunakan dalam proses fotosintesis. Di samping itu, bahan bakar bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan peningkat oktan (*octane enhancer*) menggantikan senyawa eter dan logam berat seperti Pb sebagai *anti-knocking agent* yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Dengan nilai oktan yang tinggi, maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik.

Bioetanol bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran bahan bakar gasolin (bensin). Dibanding bensin, etanol lebih baik karena memiliki angka *research octane* 108,6 dan *motor octane* 89,7, angka tersebut melampaui nilai maksimum yang mungkin dicapai oleh gasolin, yaitu *research octane* 88.

PROSPEK LIMBAH JAGUNG SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI

Limbah jagung meliputi jerami dan tongkol. Penggunaan jerami jagung semakin populer untuk makanan ternak, sedangkan untuk tongkol belum ada pemanfaatan yang bernilai ekonomi.

Limbah jagung sebagian besar adalah bahan berlignoselulosa yang memiliki potensi untuk pengembangan produk masa depan. Seringkali limbah yang tidak tertangani akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pada dasarnya limbah tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan mungkin bernilai negatif karena memerlukan biaya penanganan. Namun demikian, limbah lignoselulosa sebagai bahan organik memiliki potensi besar sebagai bahan baku industri pangan, minuman, pakan, kertas, tekstil, dan kompos. Di samping itu, fraksinasi limbah ini menjadi komponen penyusun yang akan meningkatkan daya gunanya dalam berbagai industri.

Lignoselulosa terdiri atas tiga komponen fraksi serat, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dari ketiga komponen tersebut, selulosa merupakan komponen yang sudah dimanfaatkan untuk industri kertas, sedangkan hemiselulosa belum banyak dimanfaatkan.

Komponen penyusun hemiselulosa terbesar adalah xilan yang memiliki ikatan rantai β -1,4-xilosida, dan biasanya tersusun atas 150-200 monomer xilosa (Kulkarni *et al.* 1999). Rantai hemiselulosa dapat terdiri atas dua atau lebih jenis monomer penyusun (*heteropolimer*), seperti 4-O-metilglukoronoxilosa, dan dapat pula terdiri atas satu jenis monomer, seperti xilan yang

Tabel 5. Komposisi kimia limbah jagung.

Komponen	Tongkol Jagung
Air (%)	7,68
Serat (%)	38,99 (<i>crude fiber</i>)
Selulosa (%)	19,49
Xilan (%)	12,4
Lignin (%)	9,1

Sumber: Richana *et al.* (2004).

merupakan polimer xilosa. Xilan dari sereal banyak mengandung L-arabinosa dan arabinoxilan, sedangkan xilan dari tanaman keras mengandung glukuronoxilan yang dapat menghasilkan asam d-glukoromik.

Xilan dapat larut dalam larutan alkali (NaOH atau KOH 2-15%) dan air. Xilan terdapat hampir pada semua tanaman, khususnya limbah tanaman pangan seperti tongkol jagung, bagas tebu, jerami padi, dedak gandum, dan biji kapas. Menurut Jaeggli (1975), bahan-bahan tersebut mengandung xilan 16-40%.

Sebagai bahan baku industri, xilan dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan pembuatan nilon dan resin. Di samping itu, hidrolisa xilan menghasilkan furfural yang dapat digunakan sebagai bahan pelarut industri minyak bumi, pelarut reaktif untuk resin fenol, disinfektan, dan sebagai bahan awal untuk memproduksi berbagai bahan kimia dan polimer lainnya (Sjostrom 1995, Mansilla *et al.* 1998). Xilan juga dapat diproses menjadi gula xilitol, melalui proses hidrolisis xilan menjadi xilosa, kemudian dihidrogenasi menjadi xilitol.

Tongkol jagung memiliki kandungan xilan yang lebih tinggi dibanding sekam, bekatul, ampas pati garut, dan onggok (Richana *et al.* 2004). Demikian juga gula xilosa yang dibuat dari beberapa limbah pertanian, ternyata tongkol jagung mengandung xilan yang lebih tinggi (Tabel 6). Kandungan xilan atau pentosan pada tongkol jagung berkisar antara 12,4-12,9%. Biji jagung jenis normal mengandung xilan 5,8-6,6% dan kandungan xilan pada dedak jagung 41%. Dengan demikian, ampas pembuatan pati masih memungkinkan untuk diekstrak xilannya.

Pengamatan terhadap kemurnian xilan menggunakan Khromatografi Cair Kinerja Tinggi menunjukkan bahwa puncak khromatogram tertinggi terdapat pada tongkol jagung tertinggi dan lebih murni dibanding limbah tanaman pangan lainnya. Hal ini mengindikasikan tongkol jagung mempunyai prospek sebagai bahan baku industri maupun pengolahan berbasis

Tabel 6. Kandungan xilan dari beberapa limbah pertanian.

Bahan	Xilan (%)
Bagas tebu	9,6
Oat hulls	12,3
Tongkol jagung	12,9
Sekam	6,3
Kulit kacang	6,3
Kulit biji kapas	10,2

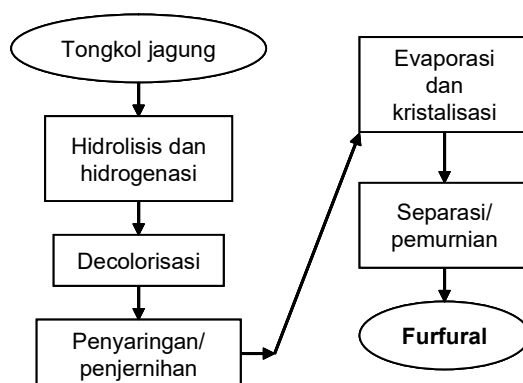
Sumber: Richana *et al.* (2004).

xilan, yaitu furfural dan xilitol. Pada dasarnya semua bahan yang mengandung xilan dapat dimanfaatkan untuk produk tersebut. Namun perlu mempertimbangkan efisiensi dan potensi bahan baku. Seperti halnya produk furfural menurut aturan UNCTAD/GATT (1979), bahan baku yang disarankan adalah yang mengandung minimal 12-20% xilan. Dengan demikian, tongkol jagung layak dikembangkan untuk produk furfural maupun xilitol.

Produk Furfural

Furfural selama ini diproduksi dari tongkol jagung. Produk furfural berkembang sejak perang dunia kedua. Proses furfural melalui distruksi-destilasi menggunakan asam sulfat. Fraksi hemiselulosa (xilan) dari tongkol jagung dihidrolisis dan menghasilkan pentosa (gula xilosa). Kemudian xilosa dihidrogenasi dengan panas tinggi dan menghasilkan furfural, yang kemudian dimurnikan menggunakan destilasi uap (Gambar 5).

Furfural dipasarkan langsung atau dalam bentuk turunannya. Furfural digunakan sebagai pelarut, bahan pernis, atau campuran insektisida. Pemanfaatan produk turunan furfural cukup beragam, antara lain asam adipat untuk bahan nilon, asam susinat untuk pernis, cat, bahan fotografi, butanediol untuk resin dan plastik. Secara teoritis, rendemen furfural dari tongkol jagung berkisar antara 21-23%, namun kenyataannya hanya berkisar 10%.



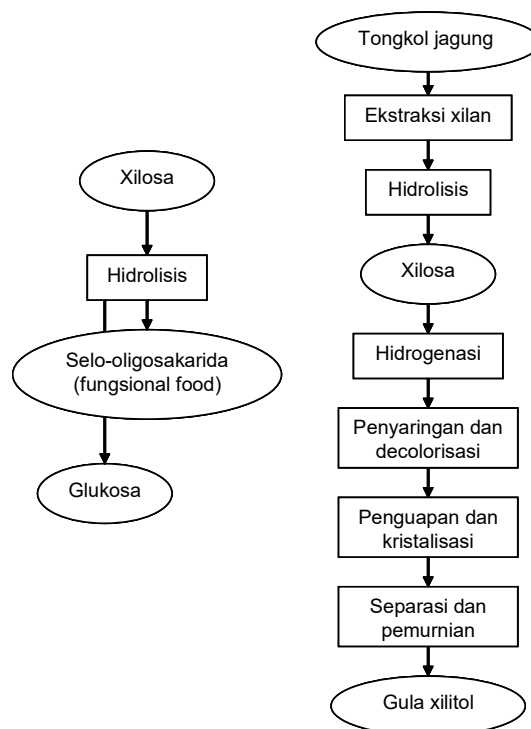
Gambar 5. Proses produksi furfural dari tongkol jagung.

Xilitol

Tongkol jagung dan limbah lignoselulosa lain dari jagung ternyata dapat digunakan untuk bahan baku produk furfural dan derivatifnya juga dapat digunakan sebagai produk gula xilitol.

Xilitol termasuk gula alkohol dengan lima karbon (1,2,3,4,5 pentahydroxy pentane) dengan formulasi molekul $C_5H_{12}O_5$. Sebetulnya beberapa jenis buah-buahan dan sayuran mengandung xilitol walaupun dalam jumlah kecil, misalnya strawberi. Namun demikian, untuk mengekstrak xilitol dari bahan tersebut tidak ekonomis karena kandungannya terlalu kecil (Kulkarni *et al.* 1999).

Xilitol dapat diproduksi dengan menghidrogenasi xilosa (Gambar 6). Di Taiwan, produksi xilitol menggunakan bahan baku bagas tebu, di India menggunakan bagas tebu atau tongkol jagung (Biswas and Vashishtha 2004). Xilitol mempunyai kelebihan dibanding gula pasir (sukrosa), yaitu sebagai pemanis rendah kalori (4 kal/g), indeks glikemik jauh lebih rendah sehingga tidak meningkatkan gula darah dan metabolisme tanpa insulin, sehingga



Gambar 6. Proses pembuatan gula xitol fraksinasi selulosa.

sangat baik untuk penderita diabetes. Xilitol dapat digunakan tanpa campuran atau dikombinasikan dengan pemanis nonkariogenik (tidak menyebabkan diabetes) untuk membuat produk *non-sugar sweetener* seperti permen karet, Permen karet, coklat rendah gula, gelatin, *pudding*, *jam*, roti, dan *ice cream* (Anonymous 2004). Saat ini xilitol banyak digunakan untuk pasta gigi karena dapat menguatkan gusi. Xilitol merupakan gula alternatif yang mempunyai sifat nonkariogenik dan anti kariogenik, anti caries, dan prebiotik, sehingga baik untuk kesehatan dan dapat menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Konsumsi manusia untuk xilitol adalah 15 g/bobot badan atau $\pm$ 100 g/orang (Schmidl and Labuza 2000).

Sejak tahun 1980 xilitol sudah banyak digunakan dan dikomersialkan di 28 negara. Di awal tahun 1990 produksi xilitol dunia mencapai 5.000 ton. Finlandia merupakan produsen xilitol terbesar. Amerika Serikat tertarik untuk memproduksi xilitol dalam skala besar. Sebagian besar xilitol digunakan untuk permen karet.

PENUTUP

Kandungan nutrisi jagung dalam bentuk sosoh, beras, dan tepung sangat memadai untuk bahan pangan. Jagung pipilan kering dapat dimanfaatkan untuk kripik jagung (*tortilla chips*), marning, emping, susu, dan tape. Agroindustri pati jagung dan turunannya prospektif untuk meningkatkan nilai tambah jagung yang diharapkan dapat mendorong pengembangan industri gula pati yang menghasilkan sirup glukosa, fruktosa, gula alkohol lainnya, dan bahan baku bioetanol.

Industri pati jagung mempunyai produk samping yang bernilai tinggi, yaitu minyak jagung dan gluten. Peningkatan produksi jagung akan diikuti oleh peningkatan limbah atau biomas (tongkol, batang, dan daun jagung). Limbah tersebut prospektif dikembangkan menjadi produk furfural dan xilitol. Limbah tongkol jagung yang diproses menjadi tepung dapat digunakan sebagai bahan baku industri pakan ayam.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdi, E. 1989. Modifikasi pati jagung (*Zea mays L.*). Tesis Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 79 hal. Tidak dipublikasi.
- Anonymous. 2004. Alternative sweeteners: a balancing act. J. Asia Pacific Food Industries. p. 51-54.

- Antarlina, S.S. dan J. S. Utomo. 1993. Kue kering dari bahan tepung campuran jagung, gude, dan kedelai. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan 1992. Balittan Malang.
- Azman, K.I. 2000. Kue kering dari tepung komposit terigu-jagung dan ubi kayu. Sigma Vol. III (2). April-Juni.
- BPS. 2005. Statistik Indonesia. Statistics Indonesia and Direktorat General of Foodcrops. Jakarta.
- Biswas, S. and N. Vashishtha. 2004. Xylitol: technology and bussiness.
- Bray, G.A., S.J. Nielsen, and B.M. Popkin. 2004. Commentary: Consumption of high-fructose maize syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *America Journal of Clinical Nutrition* 79(4):537-543.
- French, D. 1984. Organization of starch granules. *In*: R.L. Whistler, J.N. Bemmler, dan E.F. Paschall (*Eds.*) *Starch: chemistry and technology*. Academic Press.Inc. New York.
- Gokarn, R.R., M.A. Eitman, and J. Sridhar. 1997. Production of succinate by anaerobic microorganisms in fuels and chemicals from biomass. *In*: B.C. Saha and J. Woodward (*Eds.*). American Chemical Society. Washington-DC. p. 237-263.
- Jaeggli, W. 1975. Integrated production of furfural and acetic acid from fibrous residues in a continous process. *Escher Wyss News* 2:1-15.
- Juliano, B.O and Kongseeree. 1968. Physicochemical properties of rice grain and starch from line differing in amylase content and gelatinization temperature. *J. Agr and Food Chem.* 20:714-717.
- Kulkarni, N., A. Shendye and M. Rao. 1999. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. *FEMS Microbiol Rev.* 23:411-456.
- Mansilla HD, J. Baeza, S. Urzua, G. Maturana, J. Villasenor, and N. Duran. 1998. Acid-catalysed hydrolysis of rice hull: Evaluation of furfural production. *J. Bioresource Technol.* 66:189-193.
- Mercier, C. and P. Colonna. 1988. Starch and enzymes : Innovations in the products, process and uses. *Biofutur. Chemic.* p. 55-60.
- Munarso, J. dan R. Mudjisihono, 1993. Teknologi pengolahan jagung untuk menunjang agroindustri pedesaan, Makalah Simposium Penelitian Tanaman Pangan III. Jakarta/Bogor, 23-25 Agustus 1993. Puslitbangtan, Bogor.
- Richana, N., P. Lestari, N. Chilmijati, dan S. Widowati. 1999. Karakterisasi bahan berpati (tapioka, garut, dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. Prosiding PATPI.

- Richana, N., P. Lestina, dan T.T. Irawadi. 2004. Karakterisasi lignoselulosa dari limbah tanaman pangan dan pemanfaatannya untuk pertumbuhan bakteri RXA III-5 penghasil xilanase. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 23(3):171-176.
- Schmidl, K.M. and T.P. Labuza. 2000. *Essentials of functional foods*. An Aspen Publication. p. 323-325.
- Singh, N., K. S. Sandhu, and M. Kaur. 2005. Physicochemical properties including granular morphology, amylose content, swelling and solubility, thermal and pasting properties of starches from normal, waxy, high amylose and sugary corn. *Progress in Food Biopolymer Research*. Vol 1: 43-55. <http://www.ppti.usm.my/pfbr>.
- Sjostrom, E. 1995. *Food Chemistry*. Jilid II. Diterjemahkan oleh Hardjono S. UGM Pres Yogyakarta.
- Suarni. 2003. Jagung pulut: Pemanfaatan dan pengolahan sebagai pangan lokal potensial di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Perteta dan LIPI*. Bandung. p. 112-118.
- Suarni. 2005a. Pengembangan produk kue kering berbasis tepung jagung dalam rangka menunjang agroindustri. *Prosiding Seminar Nasional Perteta, Fak. Tek. Pertanian Unpad, TTG LIPI*. p. 88-93.
- Suarni. 2005b. Teknologi pembuatan kue kering (*cookies*) berserat tinggi dengan penambahan bekatul jagung. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. p. 521-526.
- Suarni, A. Upe, dan Tj. Harlim. 2005. Karakteristik sifat fisik dan kandungan nutrisi bahan setengah jadi dari jagung. 2005. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Forum Kerjas Kimia Kawasan Timur Indonesia. Palu. p. 87-92.
- Suarni dan I.GP. Sarasutha. 2002. Teknologi pengolahan jagung untuk meningkatkan nilai tambah dalam pengembangan agroindustri. *Prosiding Seminar Nasional, BPTP Sulawesi Tengah*.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Beras jagung: prosesing dan kandungan nutrisi sebagai bahan pangan pokok. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Makassar. p. 393-398.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2006. Pengaruh umur panen terhadap kandungan nutrisi jagung varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning. *Hasil Penelitian Baliserea, Maros*. 12 p. (Belum dipublikasi).
- Suarni. 2006. Modifikasi tepung jagung secara enzimatik (α -amilase) untuk bahan pangan. *Disertasi Pascasarjana Unhas*. 125 p. (Tidak dipublikasi).

- Tawali, A.B., A. Laga, dan M. Mahendradatta. 2003. Pengembangan produksi bassang. Laporan Kemajuan Penelitian. RUSNAS Diversifikasi Pangan Pokok. Fak. Pertanian dan Kehutanan, Univ. Hasanuddin. 18 p.
- Tester R.F. and J. Karkalas. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chemistry*. 73:271:273.
- UNCTAD/GATT. 1979. Making and marketing furfural. Added value for agro-industrial waste. *In* Abstracts for information services. International Trade Centre, Geneva. p. 3-7.
- Winarno, F.G. 1986. Produksi dan prospek high fructose syrup (HFS) dari jagung. Konsultasi teknis Pengembangan Industri Pengolahan Jagung dan Kedelai. FTDC, 24-25 Maret 1986. p. 7-14.



Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung

Suarni¹ dan S. Widowati²

¹Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor

PENDAHULUAN

Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga merupakan sumber protein yang penting dalam menu masyarakat Indonesia. Kandungan gizi utama jagung adalah pati (72-73%), dengan nisbah amilosa dan amilopektin 25-30% : 70-75%, namun pada jagung pulut (*waxy maize*) 0-7% : 93-100%. Kadar gula sederhana jagung (glukosa, fruktosa, dan sukrosa) berkisar antara 1-3%. Protein jagung (8-11%) terdiri atas lima fraksi, yaitu: albumin, globulin, prolamin, glutelin, dan nitrogen nonprotein.

Perbedaan *quality protein maize* (QPM) dengan jagung biasa terletak pada proporsi fraksi proteinnya. Fraksi globulin (merupakan zein II) pada jagung biasa (31%) jauh lebih tinggi dibanding QPM (6%). Zein miskin akan lisin dan triptofan, yang merupakan asam amino pembatas pada jagung. Oleh karena itu, mutu protein QPM (82%) jauh lebih tinggi dibanding dengan jagung biasa (32%), bahkan lebih tinggi dari mutu protein beras (79%) dan gandum (39%). Varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning adalah jagung QPM unggul, baik untuk pangan maupun pakan.

Asam lemak pada jagung meliputi asam lemak jenuh (palmitat dan stearat) serta asam lemak tidak jenuh, yaitu oleat (omega 9) dan linoleat (omega-6). Pada QPM terkandung linolenat (omega-3). Linoleat dan linolenat merupakan asam lemak esensial. Lemak jagung terkonsentrasi pada lembaga, sehingga dari sudut pandang gizi dan sifat fungsionalnya, jagung utuh lebih baik daripada jagung yang lembaganya telah dihilangkan.

Vitamin A atau karotenoid dan vitamin E terdapat dalam komoditas ini, terutama pada jagung kuning. Selain fungsinya sebagai zat gizi mikro, vitamin tersebut berperan sebagai antioksidan alami yang dapat meningkatkan imunitas tubuh dan menghambat kerusakan degeneratif sel.

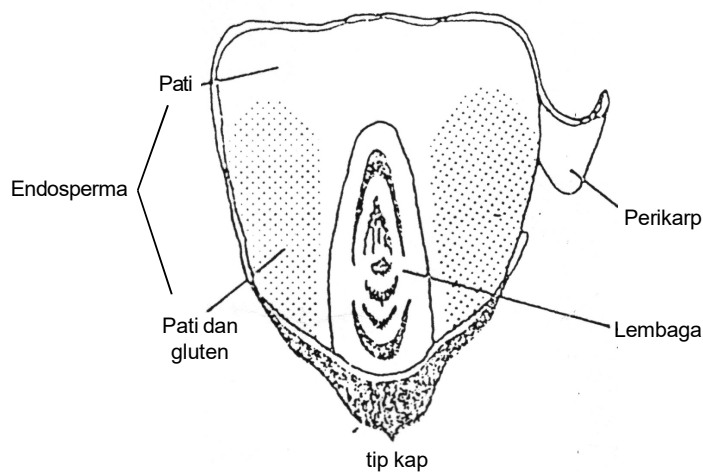
Jagung juga mengandung berbagai mineral esensial, seperti K, Na, P, Ca, dan Fe. Faktor genetik sangat berpengaruh terhadap komposisi kimia dan sifat fungsional. Data karakteristik terinci gizi varietas jagung Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini perlu diperhatikan oleh para peneliti jagung, praktisi industri pangan, dan pemangku kepentingan (*stakeholder*) untuk mengangkat jagung tidak hanya dari segi produksi tetapi juga mutu gizi dan pemanfaatannya.

STRUKTUR BIJI JAGUNG

Secara struktural, biji jagung yang telah matang terdiri atas empat bagian utama, yaitu perikarp, lembaga, endosperm, dan tip kap (Gambar 1). Perikarp merupakan lapisan pembungkus biji yang berubah cepat selama proses pembentukan biji. Pada waktu kariopsis masih muda, sel-selnya kecil dan tipis, tetapi sel-sel itu berkembang seiring dengan bertambahnya umur biji. Pada taraf tertentu lapisan ini membentuk membran yang dikenal sebagai kulit biji atau testa/aleuron yang secara morfologi adalah bagian endosperm. Bobot lapisan aleuron sekitar 3% dari keseluruhan biji (Inglett 1987).

Lembaga merupakan bagian yang cukup besar. Pada biji jagung tipe gigi kuda, lembaga meliputi 11,5% dari bobot keseluruhan biji. Lembaga ini sendiri sebenarnya tersusun atas dua bagian yaitu skutelum dan poros embrio (*embryonic axis*). Endosperm merupakan bagian terbesar dari biji jagung, yaitu sekitar 85%, hampir seluruhnya terdiri atas karbohidrat dari bagian yang lunak (*floury endosperm*) dan bagian yang keras (*horny endosperm*) (Wilson 1981). Lembaga terdiri atas plumula, radikel, dan skutelum, yaitu sekitar 10% dan perikarp 5%. Perikarp merupakan lapisan luar biji yang dilapisi oleh testa dan lapisan aleuron. Lapisan aleuron mengandung 10% protein (Mertz 1972).

Setiap tip cap adalah bagian yang menghubungkan biji dengan janggél. Lapisan aleuron, perikarp, dan lembaga mengandung protein dengan kadar yang berbeda. Lembaga juga mengandung lemak dan mineral (Inglett 1987).



Gambar 1. Struktur biji jagung (Damardjati 1988).

Tabel 1. Komposisi kimia jagung berdasarkan bobot kering.

Komponen	Biji utuh	Endosperma	Lembaga	Kulit ari	Tip cap
Protein (%)	3,7	8,0	18, 4	3,7	9,1
Lemak (%)	1,0	0,8	33,2	1,0	3,8
Serat kasar (%)	86,7	2,7	8,8	86,7	-
Abu (%)	0,8	0,3	10,5	0,8	1,6
Pati (%)	71,3	87,6	8,3	7,3	5,3
Gula (%)	0,34	0,62	10,8	0,34	1,6

Sumber: Inglett (1987).

Analisis kimia biji jagung menunjukkan bahwa masing-masing fraksi mempunyai sifat yang berbeda. Proses pengolahan dengan menghilangkan sebagian dari fraksi biji jagung akan mempengaruhi mutu gizi produk akhir. Informasi komposisi kimia tersebut bermanfaat bagi industri pangan untuk menentukan jenis bahan dan proses yang harus dilakukan agar diperoleh mutu produk yang sesuai dengan yang diinginkan.

Kulit ari jagung dicirikan oleh kandungan serat kasar yang tinggi, yaitu 86,7% (Tabel 1), yang terdiri atas hemiselulosa (67%), selulosa (23%), dan lignin (0,1%) (Burge and Duensing 1989). Di sisi lain, endosperma kaya akan pati (87,6%) dan protein (8%), sedangkan kadar lemaknya relatif rendah (0,8%). Lembaga dicirikan oleh tingginya kadar lemak (33%), protein (18,4%), dan mineral (10,5%). Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan apakah produk yang akan diolah memerlukan biji jagung utuh, atau yang kulit ari atau lembaga dihilangkan.

KOMPOSISI KIMIA BIJI JAGUNG

Informasi komposisi kimia proksimat cukup banyak tersedia. Keragaman data pada masing-masing komponen gizi sangat besar. Tabel 2 menunjukkan komposisi kandungan zat gizi pada berbagai tipe jagung. Keragaman komposisi tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik maupun lingkungan.

Pati

Komponen utama jagung adalah pati, yaitu sekitar 70% dari bobot biji. Komponen karbohidrat lain adalah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa, 1-3% dari bobot biji. Pati terdiri atas dua jenis polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai unit-unit D-glukosa yang panjang dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, sedangkan amilopektin strukturnya bercabang. Ikatan glikosidik yang

Tabel 2. Komposisi kimia berbagai tipe jagung.

Varietas	Air	Abu	Protein	Serat kasar	Lemak	Karbohidrat
	(%).....					
Kristalin	10,5	1,7	10,3	2,2	5,0	70,3
Floury	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70,4
Starchy	11,2	2,9	9,1	1,8	2,2	72, 8
Manis	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69,3
Pop	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66,0
Hitam	12,3	1,2	5,2	1,0	4,4	75,9
Srikandi Putih ^{*)}	10,08	1,81	9,99	2,99	5,05	73,07
Srikandi Kuning ^{*)}	11,03	1,85	9,95	2,97	5,10	72,07
Anoman ^{*)}	10,07	1,89	9,71	2,05	4,56	73,77
Lokal pulut ^{*)}	11,12	1,99	9,11	3,02	4,97	72,81
Lokal nonpulut ^{*)}	10,09	2,01	8,78	3,12	4,92	74,20
Bisi 2 ^{**)}	9,70	1,00	8,40	2,20	3,60	75,10
Lamuru ^{**)}	9,80	1,20	6,90	2,60	3,20	76,30

Sumber: Cortez dan Wild-Altamirano (1972) dalam Widowati *et al.* (2005).

^{*)}Suarni dan Firmansyah (2005).

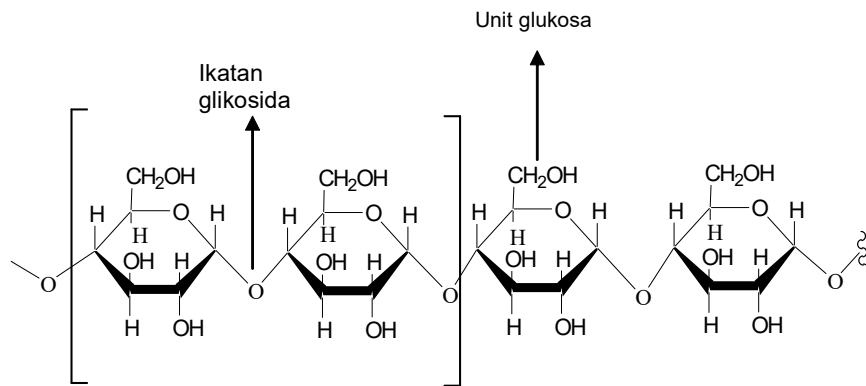
^{**)Suharyono *et al.* (2005).}

menggabungkan residu glukosa yang berdekatan dalam rantai amilopektin adalah ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan $\alpha(1\rightarrow6)$. Bahan yang mengandung amilosa tinggi, jika direbus amilosanya terekstrak oleh air panas, sehingga terlihat warna putih seperti susu (Lehninger 1982).

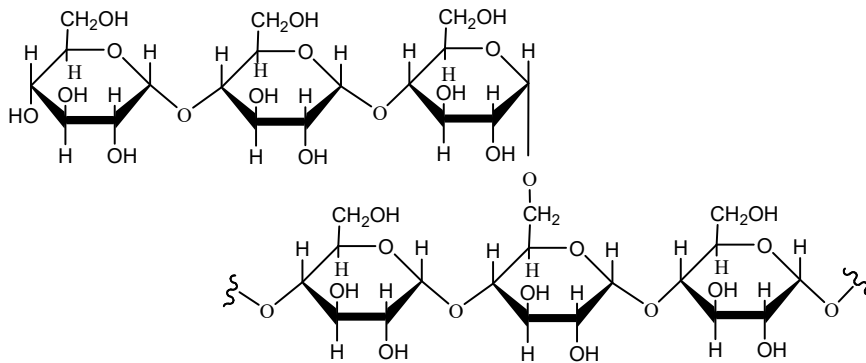
Bobot molekul amilosa dan amilopektin bergantung pada sumber botaninya. Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, sedangkan amilopektin adalah komponen dengan rantai bercabang. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus berbentuk heliks dengan ikatan glikosidik α -1,4 (Gambar 2). Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa berkisar antara 250-350 unit.

Amilopektin merupakan polisakarida bercabang, dengan ikatan glikosidik α -1,4 pada rantai lurusnya dan ikatan α -1,6 pada percabangannya (Gambar 3). Titik percabangan amilopektin lebih banyak dibandingkan dengan amilosa (Dziedzic dan Kearsley 1995).

Komposisi amilosa dan amilopektin di dalam biji jagung terkendali secara genetik. Secara umum, baik jagung yang mempunyai tipe endosperma gigi kuda (*dent*) maupun mutiara (*flint*), mengandung amilosa 25-30% dan amilopektin 70-75%. Namun jagung pulut (*waxy maize*) dapat mengandung 100% amilopektin. Suatu mutan endosperma yang disebut *amylose-extender* (ae) dapat menginduksi peningkatan nisbah amilosa sampai 50% atau lebih. Gen lain, baik sendiri maupun kombinasi, juga dapat memodifikasi nisbah amilosa dan amilopektin dalam pati jagung.



Gambar 2. Rumus struktur amilosa (Dziedzic and Kearsley 1995).



Gambar 3. Rumus struktur amilopektin (Dziedzic and Kearsley 1995).

Amilopektin berpengaruh terhadap sifat sensoris jagung, terutama tekstur dan rasa. Pada prinsipnya, semakin tinggi kandungan amilopektin, tekstur dan rasa jagung semakin lunak, pulen, dan enak. Komposisi tersebut juga berpengaruh terhadap sifat amilografinya. Kandungan amilosa beberapa varietas lokal dan unggul nasional dapat dilihat pada Tabel 3 (Suarni 2005).

Protein

Protein terkonsentrasi pada lembaga, terdiri atas lima fraksi, yaitu fraksi albumin, globulin, dan nitrogen nonprotein berturut-turut adalah 7%, 5%, dan 6% dari total nitrogen. Fraksi prolamin larut di dalam 55% isopropanol dan isopropanol dengan merkaptotanol (ME) sebesar 52% dari total nitrogen. Prolamin 1 atau zein 1 larut di dalam 55% isopropanol, merupakan

Tabel 3. Kandungan amilosa biji jagung dari beberapa varietas.

Varietas	Amilosa (%)	Amilopektin(%)
Srikandi Putih	31,05	68,95
Srikandi Kuning	30,14	69,86
Anoman	29,92	70,08
Lokal nonpulut	28,50	71,50
Lokal pulut	4,25	95,75
Sukmaraga	34,55	65,45

Sumber: Suarni (2005).

Tabel 4. Distribusi fraksi protein pada jagung biasa dan QPM (biji utuh).

Fraksi	Jagung QPM		Jagung biasa	
	Protein (mg)	Protein (%)	Protein (mg)	Total protein (%)
I	6,65	31,5	3,21	16,0
II	1,25	5,9	6,18	30,8
III	1,98	9,4	2,74	13,7
IV	3,72	1,6	2,39	12,0
V	5,74	27,2	4,08	20,4
Residu	1,76	8,3	1,44	7,1

Sumber: Ortega *et al.* (1986)

konsentrasi terbesar, yaitu 42% dan 10%, lainnya adalah prolamin 2 atau zein 2. Fraksi glutelin 2 sebanyak 8% diekstrak dengan larutan alkalin pH 10 dengan 0,6% ME, sedangkan glutelin 3 sebesar 17%, diekstrak dengan buffer yang sama namun ditambah 0,5% sodium dedosil sulfat. Sisanya sekitar 5% adalah residu nitrogen.

Tabel 4 menunjukkan hasil fraksinasi dari jagung biasa (varietas Tuxpeño-1) dan QPM (varietas Blanco Detando-1). Fraksi II dan III adalah zein I dan zein II, di mana zein I (fraksi II) pada Tuxpeño-1 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan QPM. Kadar protein larut alkohol sangat rendah pada jagung muda, dan meningkat seiring dengan bertambahnya ketuaan biji. Analisis asam amino dari fraksi-fraksi tersebut menunjukkan bahwa fraksi zein mengandung lisin sangat rendah dan terbatas triptofannya. Karena fraksi zein mencapai 50% dari total protein biji, berarti kandungan kedua asam amino tersebut di dalam protein jagung juga rendah. Di lain pihak, fraksi albumin, globulin, dan glutelin mengandung lisin dan triptofan relatif tinggi. Hal lain yang penting pada fraksi zein adalah kandungan leusin yang tinggi, asam amino yang berimplikasi defisiensi isoleusin (Patterson *et al.* 1980).

QPM berbeda dari jagung biasa dalam distribusi kadar lima fraksi tersebut (Tabel 4). Perkembangan perubahan komposisi tersebut dipengaruhi oleh genotipe dan kondisi pertanaman. Gen opaque-2 menurunkan konsentrasi zein sampai 30%, dampaknya adalah kandungan lisin dan triptofan pada jagung QPM lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa.

Mutu gizi jagung sebagai bahan pangan ditentukan oleh asam amino penyusun protein. Jagung biasa mengandung lisin dan triptofan lebih rendah dibanding jagung QPM. Jagung biasa mengandung leusin yang tinggi, sebaliknya pada jagung QPM rendah. Kadar asam amino penyusun protein biji jagung varietas Srikandi Kuning, Srikandi Putih, dan lokal disajikan pada Tabel 5.

Malnutrisi pada umumnya berkaitan dengan defisiensi energi, protein, dan zat gizi lainnya karena asupan gizi yang tidak tercukupi dari menu makan sehari-hari. Di negara berkembang, menu makan umumnya kekurangan energi dan protein. Hal ini akan mempengaruhi perkembangan anak-anak dan mereka lebih rentan terhadap penyakit (Wardlaw 1999).

Di Indonesia, jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras. Jagung banyak ditanam dan dikonsumsi terutama di daerah marjinal. Komoditas pangan ini mempunyai kadar dan mutu protein yang relatif rendah, sehingga tidak dapat mencukupi kebutuhan protein masyarakat kurang mampu, apalagi bagi mereka yang kekurangan gizi. Prevalensi

Tabel 5. Kadar asam amino penyusun protein jagung varietas Srikandi dan lokal.

Asam amino	Srikandi Putih	Srikandi Kuning	Lokal nonpulut
	(%).....		
Aspartat	0,83	0,86	0,44
Glutamat	2,28	2,27	0,64
Serin	0,48	0,46	0,19
Histidin	0,45	0,43	0,49
Glisin	0,53	0,52	0,20
Threonin	0,34	0,31	0,11
Arginin	0,60	0,58	0,20
Alanin	0,89	0,87	0,19
Tirosin	0,36	0,34	1,05
Methionin	0,28	0,27	0,38
Valin	0,53	0,52	0,44
Fenilalanin	0,54	0,55	1,58
I-Leusin	0,48	0,49	0,13
Leusin	1,41	1,39	0,24
Lisin	0,43	0,43	0,20
Triptofan	0,13	0,12	0,04

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)

kekurangan kalori protein (KKP) di pedesaan Afrika dan Amerika Latin menggambarkan ketidakcukupan asupan gizi dari diet berbasis jagung (Brown *et al.* 1988)

Penelitian untuk meningkatkan nilai gizi jagung telah dilakukan oleh berbagai lembaga nasional dan internasional (Vasal 2001). Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) telah memproduksi jagung khusus yang merupakan kombinasi dari jagung yang mempunyai mutu gizi sangat bagus opaque-2 dengan struktur biji jagung konvensional yang diberi label *quality protein maize* (QPM). Beberapa genotipe QPM telah ditanam di Sulawesi Selatan untuk mengetahui tipe yang paling sesuai dengan kondisi lokal (Suharyono *et al.* 2005).

Keunggulan jagung QPM terutama kandungan lisin dan triptofannya lebih tinggi dibanding jagung biasa. Meskipun QPM mengandung protein relatif sama dengan jagung biasa, namun pemanfaatan protein tersebut di dalam tubuh 2-3 kali lipat dibanding jagung biasa karena mutu dan nilai biologi proteinnya jauh lebih tinggi (Brown *et al.* 1988).

Orang dewasa hanya memerlukan protein setengah lengkap, tetapi yang sangat memerlukan protein lengkap adalah anak-anak usia tumbuh, usia di bawah lima tahun, ibu hamil dan menyusui. Kekurangan dari jagung biasa untuk dikonsumsi sebagai pangan adalah rendahnya kadar asam amino lisin dan triptofan. Jagung QPM mengandung asam amino lisin dan triptofan yang berimbang/memadai. Asam amino lisin dan triptofan termasuk asam amino esensial.

Masyarakat yang mengonsumsi jagung sebagai pangan pokok dapat terhindar dari busung lapar, tetapi rawan gizi, kecuali bila jagung dikonsumsi dengan kacang-kacangan. Kandungan asam amino lisin pada jagung rendah, sedangkan pada kacang-kacangan tinggi. Sebaliknya, kandungan asam amino metionin dalam jagung tinggi sedangkan dalam kacang-kacangan rendah. Jadi kedua bahan pangan tersebut dapat saling melengkapi asam amino tersebut.

Kandungan protein biji jagung pada umumnya 8-11%, dengan kandungan asam amino lisin 0,05% dan triptofan 0,225%. Angka ini kurang dari separuh konsentrasi yang dianjurkan oleh WHO/FAO (1985, dalam Widowati *et al.* 2005), bahwa jagung QPM mengandung lisin 0,11% dan triptofan 0,475%.

Lemak

Terkonsentrasi pada lembaga, kandungan lemak biji jagung terkendali secara genetik, berkisar antara 3-18%. Komposisi asam lemak pada beberapa

Tabel 6. Kandungan asam lemak beberapa varietas jagung Guatemala dan QPM Nutricia.

Varietas	Palmitat C16:0	Stearat C18:0	Oleat C18:1(%).....	Linoleat C18:2	Linolenat C18:3
QPM Nutricia	15,71	3,12	36,45	43,83	0,42
Azotea	12,89	2,62	35,63	48,85	-
Xetzoc	11,75	3,54	40,07	44,65	-
Tropical White	15,49	2,40	34,64	47,47	-
Santa Apolonia	11,45	3,12	38,02	47,44	-

Sumber: Bressani (1988).

Tabel 7. Kandungan asam lemak jenuh dan tidak jenuh biji jagung.

Varietas	Asam lemak jenuh (%)	Asam lemak tidak jenuh (%)
Srikandi Putih	1,10	2,31
Srikandi Kuning	1,61	5,06

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2006).

jagung dari Guatemala dapat dilihat pada Tabel 6. Kandungan asam lemak jenuh pada minyak jagung relatif rendah, yaitu asam palmitat 11% dan asam stearat 2%. Sebaliknya, kandungan asam lemak tidak jenuhnya cukup tinggi, terutama asam linoleat yang mencapai 24%, sedangkan asam linolenat dan arakhidonatnya sangat kecil.

Minyak jagung relatif stabil karena kandungan asam linolenatnya sangat kecil (0,4%) dan mengandung antioksidan alami yang tinggi. Mutu minyak jagung cukup tinggi karena distribusi asam lemaknya yang berimbang, terutama oleat dan linoleat. Berdasarkan informasi tersebut, maka nilai gizi biji jagung utuh lebih tinggi dibanding dengan biji jagung yang telah dihilangkan lembaganya.

Serat Pangan

Serat pangan memegang peran penting dalam memelihara kesehatan individu. Oleh karena itu, serat pangan merupakan salah satu komponen pangan fungsional yang dewasa ini mendapat perhatian masyarakat luas. Serat pangan berbentuk karbohidrat kompleks yang banyak terdapat di dalam dinding sel tumbuhan. Serat pangan tidak dapat dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan manusia, tetapi memiliki fungsi yang sangat penting bagi pemeliharaan kesehatan, pencegahan berbagai penyakit, dan sebagai komponen penting dalam terapi gizi. Komponen ini meliputi polisakarida

yang tidak dapat dicerna, seperti selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pektin, gum, dan *waxes* (Sardesai 2003, Astawan dan Wresdiyati 2004).

Serat pangan mempengaruhi asimilasi glukosa dan mereduksi kolesterol darah. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa serat tanaman tertentu menghambat penyerapan karbohidrat dan menghasilkan postprandial glikemik yang rendah. Peningkatan serat pangan di dalam diet berkaitan dengan reduksi resistensi insulin. Penambahan serat pangan yang berasal dari sereal, kacang-kacangan, dan sayuran, sangat bermanfaat bagi penderita diabetes (Sardesai 2003).

Serat pangan terdiri atas yang larut air dan tidak larut air. Fungsi serat pangan larut terutama adalah memperlambat kecepatan pencernaan dalam usus, memberikan rasa kenyang yang lebih lama, dan memperlambat kemunculan glukosa darah, sehingga insulin yang dibutuhkan untuk mentransfer glukosa ke sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Fungsi tersebut sangat dibutuhkan bagi penderita diabetes. Fungsi utama serat pangan tidak larut adalah mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, antara lain wasir, divertikulus, dan kanker usus besar (Eckel 2003, Astawan dan Wresdiyati 2004).

Jagung mengandung serat pangan yang tinggi. Kandungan karbohidrat kompleks pada biji jagung, terutama pada perikarp dan tipkarp, juga terdapat pada dinding sel endosperma dan dalam jumlah kecil pada dinding sel lembaga (Tabel 8). Perbedaan antara serat pangan larut dan tidak larut sangat kecil, meskipun nutrisi QPM mempunyai total kadar serat pangan yang lebih tinggi dibanding jagung biasa, terutama karena kadar serat pangan tidak larutnya tinggi.

Selain dapat membantu mencegah kanker, terutama kanker usus, serat pangan juga dapat membantu menurunkan kolesterol total dan LDL, serta kadar glukosa darah. Dilaporkan bahwa kulit ari (*bran*) jagung terdiri atas 75% hemiselulosa, 25% selulosa, dan 0,1% lignin (bk). Kadar serat pangan pada jagung tanpa kulit ari (*dehulled*) sangat rendah dibanding biji utuh.

Tabel 8. Kandungan serat pangan larut dan tidak larut pada jagung biasa dan QPM.

Tipe jagung	Serat pangan (%)		
	Tidak larut	Larut	Total
Dataran tinggi	10,94 ± 1,26	1,25 ± 0,41	12,19 ± 1,30
Dataran rendah	11,15 ± 1,08	1,64 ± 0,73	12,80 ± 1,47
Nutricia QPM	13,77	1,14	14,91

Sumber: Bressani (1990).

Karbohidrat Lain

Dalam keadaan cukup tua, biji jagung mengandung karbohidrat dalam jumlah kecil. Gula total pada jagung berkisar antara 1-3%. Sukrosa merupakan komponen utama dan terkonsentrasi pada lembaga. Monosakarida, disakarida, dan trisakarida terdapat pada konsentrasi yang cukup tinggi di dalam biji jagung yang sudah tua. Pada 12 hari setelah polinasi, kandungan gula relatif tinggi dan kadar pati rendah. Seiring dengan meningkatnya ketuaan biji jagung, kandungan gula menurun dan kadar pati meningkat. Oleh sebab itu, jagung muda yang dikonsumsi langsung lebih disukai daripada jagung tua, karena lebih manis.

Mineral

Biji jagung mengandung abu sekitar 1,3%, sedikit di bawah serat kasarnya. Kadar mineral jagung dapat dilihat pada Tabel 9. Kadar mineral mungkin dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Lembaga mengandung mineral yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan endosperma. Kandungan mineral utama adalah fosfor, dalam bentuk kalium dan magnesium fitat, dan keberadaannya terkonsentrasi pada lembaga.

Kandungan Fe dalam biji beragam bergantung pada warna biji. Jagung kuning-oranye mengandung Fe lebih tinggi dibanding jagung kuning, sedangkan jagung putih memiliki kandungan Fe sangat rendah. Kadar Fe jagung kuning galur SATP2(S1)C6, galur MSK2(RRS)C1, dan varietas Kresna berkisar antara 3,4-3,6 mg/100 g, lebih tinggi dibanding jagung kuning lainnya dengan kandungan Fe hanya 2,2-2,7 mg/100 g.

Tabel 9. Kandungan mineral pada biji jagung.

Mineral	Konsentrasi (mg/100 g)
P	299,6 ± 57,8
K	324,8 ± 33,9
Ca	48,3 ± 12,3
Mg	107,9 ± 9,4
Na	59,2 ± 4,1
Fe	4,8 ± 1,9
Cu	1,3 ± 0,2
Mn	1,0 ± 0,2
Zn	4,6 ± 1,2

Sumber: Bressani (1990).

Tabel 10. Kandungan mineral biji beberapa varietas/galur jagung.

Varietas/galur	Fe	Ca	P	K
	 mg/100 g			
AMATL(HS)C2	2,4	24,2	250	300
Bisma(S1)C1	2,6	22,2	240	280
BK(HS)C2	2,4	24,2	255	300
MSK2 (RRS)C1	3,6	20,1	245	290
SATP-1(S2)C6	3,5	23,5	248	285
Pool-2(S1)C8	2,4	22,3	244	295
Maros Sintetik-1.C1	2,4	20,4	250	305
SATP-2(S1)C6	3,4	22,4	260	310
Tuxpeno-Sequia(S1)C6	-	25,6	230	280
Maros Sintetik-2.C1Fl	-	24,4	250	285
Gumarang	2,7	20,8	230	275
Kresna	3,6	23,8	245	295
Lamuru	2,5	22,2	250	290
Koasa (lokal)	-	28,7	233	300

- = tidak terukur

Sumber: Suarni (2002).

Kandungan Ca biji berkisar antara 20,1-28,7 mg/100g, terendah pada galur MSK2(RRS)C1 dan tertinggi pada varietas lokal. Kadar Ca biji jagung putih lebih tinggi dibanding jagung kuning, yang kandungan Ca-nya rata-rata 22,37 mg/100g.

Kandungan P biji 14 varietas/galur jagung rata-rata 245 mg/100g dengan kisaran 230-260 mg/100g, terendah pada Tuxpeno-Sequia(S1)C6 dan tertinggi pada SATP 2(S1)C6. Kandungan K berkisar antara 275-305 mg/100g, hal ini menunjukkan kandungan K biji jagung relatif tinggi. Mineral (Ca, K, Na) banyak terdapat dalam bahan makanan dengan bentuk organik, sedangkan S biasanya dalam bentuk asam amino yang mengandung S dan P dalam nukleotida (Linder 1992).

Vitamin

Vitamin larut lemak. Jagung mengandung dua vitamin larut lemak, yaitu provitamin A atau karotenoid dan vitamin E. Karotenoid umumnya terdapat pada biji jagung kuning, sedangkan jagung putih mengandung karotenoid sangat sedikit, bahkan tidak ada. Sebagian besar karotenoid terdapat dalam endosperma. Lembaga hanya mengandung sedikit karotenoid. Betakaroten sangat penting sebagai sumber vitamin A. Kandungan karotenoid pada jagung biji kuning berkisar antara 6,4-11,3 µg/g, 22% di antaranya adalah betakaroten dan 51% kriptosantin. Kadar vitamin A jagung biji kuning 1,5-2,6 µg/g. Karotenoid pada jagung kuning rentan terhadap kerusakan selama

penyimpanan. Vitamin larut lemak lainnya, yaitu vitamin E, juga terkonsentrasi di dalam lembaga. Empat macam tokoferol merupakan sumber vitamin E, dan α -tokoferol mempunyai aktivitas biologi yang paling tinggi, sedangkan γ -tokoferol kemungkinan lebih aktif sebagai antioksidan dibanding α -tokoferol.

Vitamin larut air. Kandungan vitamin larut air pada biji jagung paling banyak terdapat pada lapisan aleuron, kemudian pada lembaga dan endosperma. Informasi distribusi tersebut penting dalam pengolahan, sehingga dapat diketahui tahap di mana kehilangan vitamin yang larut dalam air. Tiamin (vitamin B1) dan riboflavin (vitamin B2) merupakan vitamin larut air utama di dalam biji jagung. Asam nikotinat (vitamin B3) berkaitan dengan defisiensi niasin atau pelagra, yang banyak terjadi pada populasi yang mengonsumsi jagung dalam jumlah besar. Niasin terdapat dalam bentuk ikatan, dan tidak terdapat pada komoditas hewani. Konsumsi jagung sering dikaitkan dengan kejadian pelagra akibat kandungan niasin pada jagung sangat sedikit, meskipun ketidakseimbangan asam amino, seperti nisbah leusin terhadap isoleusin, dan ketersediaan triptofan juga merupakan faktor penting (Patterson *et al.* 1980).

Jagung tidak mengandung vitamin B12 (cobalamin). Biji tua mengandung sangat sedikit asam askorbat (vitamin C) dan piridoksin (vitamin B6). Vitamin lainnya yang terdapat dalam jumlah sedikit yaitu asam kholat, folat, dan pantotenat.

NILAI GIZI JAGUNG

Berbagai sereal penting sebagai sumber zat gizi bagi jutaan penduduk di dunia telah diketahui. Sereal tersebut merupakan bagian terbesar dari menu masyarakat negara berkembang. Karena itu sereal bukan hanya sebagai sumber energi, melainkan juga sebagai sumber protein. Kandungan dan mutu protein sereal pada umumnya rendah karena terbatasnya kandungan asam amino esensial, terutama lisin. Beberapa sereal mengandung asam amino esensial tertentu yang berlebih, yang berpengaruh pada efisiensi pemanfaatan protein. Contohnya adalah jagung. Perbandingan nilai gizi ditinjau dari mutu protein jagung dan beberapa sereal lain yang menjadi bahan pangan pokok masyarakat dunia dapat dilihat pada Tabel 11. Mutu protein jagung biasa serupa dengan sereal lain, kecuali beras. Jagung opaque 2 dan QPM Nutricia mempunyai kandungan protein yang jauh lebih tinggi dibanding jagung biasa dan sereal lain, bahkan lebih tinggi dibanding beras.

Tabel 11. Mutu protein jagung dan sereal lain.

Komoditas sereal	Mutu protein (% kasein)
Jagung biasa	32,1
Jagung <i>Opaque-2</i>	96,8
Jagung QPM	82,1
Beras	79,3
Gandum	38,7
<i>Oats</i>	59,0
Sorgum	32,5
<i>Barley</i>	58,0
Juwawut	35,7
<i>Rey</i>	64,8

Sumber: FAO corporate doc. Repository.

Banyak penelitian menunjukkan bahwa rendahnya mutu protein jagung biasa disebabkan oleh rendahnya kadar lisin. Peningkatan pertumbuhan sebesar 8% jika dilakukan suplementasi lisin sebesar 0,25% pada protein jagung di dalam diet. Hal ini diperkuat oleh penelitian serupa yang dilakukan oleh para ilmuwan pada dasawarsa berikutnya. Temuan yang sangat berbeda nyata bahwa jagung opaque-2, yang merupakan jagung kaya lisin (*high lysine maize*) mempunyai mutu protein 96%, atau tiga kali mutu protein jagung biasa (32%).

Beberapa ilmuwan menyatakan bahwa asam amino pembatas pada jagung adalah triptofan. Hal ini berdasarkan kenyataan pada beberapa varietas jagung yang telah ditingkatkan kandungan lisinnya, tetapi tidak seimbang peningkatan mutu proteinnya. Penambahan lisin dan triptofan secara simultan dalam penelitian protein menggunakan hewan percobaan menunjukkan peningkatan mutu protein yang nyata.

Penambahan treonin dapat mengoreksi ketidakseimbangan asam amino akibat kekurangan metionin. Peran yang sama juga ditunjukkan oleh penambahan isoleusin. Penambahan valin dapat menurunkan mutu protein. Hal ini dapat dikoreksi dengan penambahan isoleusin maupun treonin. Pada kasus tertentu, isoleusin nampak lebih efektif dibanding treonin dan memberikan hasil yang lebih konsisten. Informasi ini menunjukkan bahwa jagung tidak kekurangan isoleusin maupun treonin. Namun, beberapa sampel jagung yang mengandung leusin, metionin, dan valin yang cukup tinggi membutuhkan penambahan isoleusin dan treonin, di samping lisin dan triptofan untuk meningkatkan mutu protein. Pada kasus tertentu, penambahan 0,3% L-lisin dan 0,1% L-triptofan dapat dengan mudah meningkatkan mutu protein jagung sampai 150%.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan asam amino dipengaruhi oleh kadar protein jagung. Kadar protein jagung merupakan faktor genetik, yang juga dipengaruhi oleh pupuk nitrogen. Peningkatan kadar protein sangat berkaitan dengan zein, atau protein larut alkohol, di mana kandungan lisin dan triptofannya rendah dan kelebihan leusin.

PENUTUP

Informasi struktur biji, komposisi kimia, sifat fungsional dan mutu gizi jagung diperlukan oleh pemulia jagung dalam merakit varietas maupun bagi industri pangan dalam memilih jenis bahan baku dan pengolahan yang sesuai untuk produk akhir yang diinginkan. Distribusi zat gizi pada fraksi-fraksi biji jagung dapat memberi petunjuk bagi pengguna akhir, apakah harus menggunakan biji utuh atau kulit ari maupun lembaganya harus dihilangkan.

Dalam upaya perbaikan gizi bagi masyarakat yang pangan pokoknya adalah jagung, varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning (QPM) diharapkan dapat memberi kontribusi bagi peningkatan gizi. Hal ini didasari bahwa QPM memiliki mutu protein dan nilai hayati lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa, meskipun kadar proteinnya relatif sama. Diharapkan, jagung tipe baru tersebut atau varietas unggul berikutnya dapat memperbaiki citra komoditas ini, karena mempunyai nilai gizi yang tidak kalah dengan beras.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M dan T. Wresdiyati. 2004. Diet Sehat dengan Makanan Berserat. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Bressani, R. 1988. Protein complementation of foods. *In*: Karmas & R.S. Harris (Eds.). Nutritional evaluation of food processing. New York, Van Nostrand Reinhold Company. 3rd ed., p. 627-657.
- Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Rev. Int.* 6: 225-264.
- Brown, W.L., R. Bressani, D.V. Glover, A.R. Hallauer, V.A. Johnson, C.O. Qualset, and N.D. Vietmeyer. 1988. Quality protein maize. Report of an Ad Hoc Panel of The Advisory Committee on Technology Innovation Board on Science and Technology for International Development National Research Council. National Academy Press. Washington D.C.
- Burge, R.M. and W.J. Duensing. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of combran. *Cereal Foods World*, 34: 535-538.

- Dziedzic, S.Z. dan M.W. Kearsley. 1995. The technology of starch production. *In: S.Z. Dziedzic and M.W. Kearsley (Eds.). Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives* Blackie Academic and Professional, London.
- Eckel R.H. 2003. A new look at dietary protein in diabetes. *Am J Clin Nutr* 78:671-2.
- FAO Corporate Doc. Repository. Maize in Human Nutrition. (www.fao.org/docrep/T0395E/T0395Eob.htm). Diakses Juli 2005.
- Inglett, G. E. 1987. Kernel, Structure, Composition and Quality. Ed. Corn: Culture. Processing and Products. Avi Publishing Company, Westport.
- Lehninger, A.L. 1982. Principles of Biochemistry (Dasar-dasar Biokimia Jilid 1, Diterjemahkan oleh M. Thenawijaya). Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Linder, M.C. 1992. Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian secara Klinis. UI-Press. Jakarta. p. 27-33.
- Merts. 1972. Recent improvement in corn protein. *In: G.E. Inglett. (Ed.). Symposium Seed Protein*. The AVI Publ. Co. Inc. New York.
- Ortega, E.I., E. Villegas, dan S.K. Vasal. 1986. A Comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.*, 63: 446-451.
- Patterson, J.I., R.R. Brown, H. Linkswiler, dan A.E. Harper. 1980. Excretion of tryptophanniacin metabolites by young men: Effects of Tryptophan, Leucine and Vitamin B6 intakes. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33: 2157-2167.
- Sardesai, V. 2003. Introduction to clinical nutrition. New York: Marcel Dekker Inc., 339-354.
- Suarni. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia biji jagung beberapa varietas. Hasil Penelitian Balitsereal Maros. Belum Dipublikasi. 12 p.
- Suarni. 2005. Karakteristik fisikokimia dan amilograf tepung jagung sebagai bahan pangan. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Makassar, 29-30 September 2005. p. 440-444.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Pengaruh umur panen terhadap kandungan nutrisi biji jagung beberapa varietas. Hasil penelitian Balitsereal Maros. Belum dipublikasi. 14 p.
- Suarni dan I.U.Firmansyah. 2006. Pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap kandungan nutrisi biji jagung beberapa varietas. Laporan Hasil Penelitian Balitsereal Maros. Belum Dipublikasi. 18 p.

- Suharyono, S.U.,Nurdin, R.W. Arief dan Murhadi. 2005. Protein quality of Indonesian common maize does not less superior to quality protein maize. Makalah pada 9th ASEAN Food Conference. Jakarta 8-10 Agustus 2005.
- Vasal, S.K. 2001. High Quality Protein Corn. In Specialty Corns (Second edition). Hallauer, A.R. (Ed.). CRC Press. Florida.
- Wardlaw, G.M. 1999. Protein. In Perspectives in nutrition. The McGraw-Hill. San Francisco.
- Widowati, S., B.A. S. Santosa, dan Suarni. 2005. Mutu gizi dan sifat fungsional jagung. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Makassar, 29-30 September 2005. p. 343-350.
- Wilson, C.M. 1981. Variations in soluble endosperm proteins of corn (*Zea mays* L.) in breeds as detected by disc gel electrophoresis Cereal Chem. 58(5):401-408.

Limbah Tanaman dan Produk Samping Industri Jagung untuk Pakan

Budi Tangendjaja dan Elizabeth Wina
Balai Penelitian Ternak, Bogor

PENDAHULUAN

Tiga puluh tahun yang lalu, penggunaan jagung umumnya masih didominasi untuk pangan, baik sebagai pengganti beras di daerah tertentu maupun sebagai pangan tambahan. Dengan berkembangnya industri unggas pada awal tahun 1970an, maka jagung mulai dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pakan unggas modern. Permintaan jagung untuk pakan terus meningkat sejalan dengan berkembangnya industri pakan unggas. Saat ini, sebagian besar produksi jagung digunakan untuk pakan dan volume penggunaannya untuk pangan cenderung menurun. Awalnya, jagung jenis lokal banyak ditanam oleh petani dan biji jagung yang dihasilkan relatif kecil, tetapi mempunyai kandungan protein yang relatif tinggi. Berkembangnya teknologi jagung hibrida dalam kurun waktu 10 tahun terakhir mendorong sebagian petani untuk menanam jagung hibrida, sehingga jagung yang digunakan untuk pakan adalah jenis hibrida. Jagung hibrida mempunyai ukuran biji yang relatif besar dan mirip dengan jagung impor yang umumnya juga dari jenis hibrida. Jagung lokal umumnya mempunyai warna yang lebih cerah dibanding jagung impor, sehingga lebih disukai untuk bahan baku pakan ayam petelur.

Perkembangan genetik jagung juga dapat mempengaruhi nilai gizi jagung untuk pakan. Jagung dengan kandungan minyak tinggi (*high oil corn*) pernah dikembangkan di Amerika Serikat, tetapi hampir tidak dikenal di Indonesia. Akhir-akhir ini, jagung yang banyak dikembangkan di negara penghasil jagung adalah hasil rekayasa genetik. Jagung ini secara tidak langsung mempengaruhi nilai gizi pakan. Jagung hasil rekayasa genetik yang tahan terhadap serangga, seperti jagung Bt mampu mengurangi pencemaran terhadap mikotoksin karena rusaknya jagung oleh serangga mengakibatkan biji jagung mudah disusupi dan ditumbuhi kapang. Salah satu kendala dalam penyimpanan jagung adalah tumbuhnya kapang yang dapat menghasilkan mikotoksin dan membahayakan ternak yang mengonsumsinya.

Pengolahan jagung untuk industri, pangan maupun pati, memberikan hasil samping yang umumnya digunakan untuk pakan. Penggilingan jagung secara tradisional untuk menghasilkan “beras jagung” menghasilkan *empok* yang banyak dijual untuk pakan. Penggilingan jagung secara modern memberikan hasil samping berupa *homini* yang dapat dimanfaatkan sebagai

pakan. Penggilingan jagung secara basah (*wet milling*) untuk menghasilkan pati jagung akan mengeluarkan berbagai hasil samping berupa *corn gluten meal*, *corn gluten feed*, *corn germ meal*, dan sebagainya yang umumnya dimanfaatkan untuk pakan. Pemanfaatan jagung terus berkembang dan di Amerika Serikat akhir-akhir ini jagung dimanfaatkan untuk etanol dan hasil sampingnya berupa *distillers dried grains and solubles* (DDGS) dipromosikan di Asia untuk bahan baku pakan.

Limbah tanaman jagung juga dapat dimanfaatkan untuk pakan, tetapi hanya untuk ternak ruminansia karena tingginya kandungan serat. Jerami jagung merupakan bahan pakan penting untuk sapi pada saat rumput sulit diperoleh, terutama pada musim kemarau. Jerami jagung yang diawetkan dengan pengeringan matahari menghasilkan *hay* dan disimpan oleh petani untuk persediaan pakan sapi pada musim kemarau. Dengan berkembangnya usaha penggemukan sapi impor atau berkembangnya industri sapi perah, seluruh tanaman jagung dapat dimanfaatkan sebagai pakan. Jagung ditanam secara khusus untuk menggantikan rumput. Tanaman jagung pada umur tertentu, terutama ketika bulir mulai tumbuh, mempunyai nilai gizi yang tinggi untuk sapi.

PENAWARAN DAN PERMINTAAN JAGUNG UNTUK PAKAN

Penggunaan jagung dalam ransum pakan ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain jenis ransum yang dibuat, kandungan gizi yang dikehendaki, alternatif dari bahan baku lain, dan harganya. Di Indonesia, jagung masih mendominasi sumber bahan baku ransum pakan ayam, puyuh, itik, dan babi. Penggunaan jagung untuk pakan ikan sangat sedikit, demikian pula untuk pakan ternak lokal di pedesaan, seperti ayam kampung, itik, dan babi.

Pada umumnya, ransum unggas disusun menggunakan komputer dengan dasar matematik program linier. Formula disusun sesuai dengan pemenuhan kebutuhan gizi berdasarkan umur dan kondisi fisiologis unggas, yang dikaitkan dengan produksi yang optimal dengan bahan baku yang tersedia dan biaya yang terendah. Contoh formula ransum ayam broiler dan petelur disajikan dalam Tabel 1.

Dilihat dari formula yang didasarkan atas harga bahan baku saat ini, maka jagung memberikan kontribusi yang paling tinggi dalam ransum ayam (lebih dari 55%) dan diikuti oleh bungkil kedelai (sekitar 23%) serta bahan-bahan lainnya berupa hasil samping industri pertanian terutama dedak padi dan sumber protein selain bungkil kedelai.

Tabel 1. Contoh formula pakan ayam broiler dan petelur.

Komposisi	Broiler (%)	Petelur (%)	Harga (Rp/kg)*
Jagung	58,9	52,1	1.600
Dedak	0	15,5	1.000
Bungkil kedelai (48% PK)	27,8	18,0	2.450
Tepung batu kapur	0,5	7,6	150
Tepung daging	4,00	3,0	3.300
<i>Corn gluten meal</i>	2,00	2,0	3.450
Premiks	0,19	0,13	35.000
Minyak sawit	2,80	0,5	4.000
Garam	0,31	0,32	600
Metionin	0,24	0,10	24.000
Lisin	0,19	0,05	16.000
<i>Rapeseed meal</i>	2,00		1.700
Dikal. fosfat	1,07	0,69	3.600
Harga pakan (Rp/kg)	2.200	1.700	

*atas dasar harga 17 Juli 2006.

Kebutuhan bahan baku dapat dihitung berdasarkan produksi tiap jenis pakan dikalikan dengan formula ransum. Saat ini sekitar 85-90% produksi pakan di Indonesia ditujukan untuk unggas, di mana separuhnya untuk pakan ayam broiler dan sisanya untuk pakan ayam petelur. Sekitar 5-7% dari produksi pakan ditujukan untuk ikan dan 5% untuk babi dan sisanya untuk ternak lainnya seperti puyuh dan burung berkicau. Perkiraan kebutuhan bahan baku pakan berdasarkan jenis dan tingkat produksi dikemukakan pada Tabel 2.

Apabila saat ini produksi pakan di Indonesia mencapai 7 juta ton maka diperlukan jagung sebanyak 3,85 juta ton dan protein nabati (bungkil kedelai) 1,75 juta ton. Peningkatan kebutuhan bahan baku ditentukan tidak hanya oleh tingkat produksi pakan, tetapi juga oleh perubahan formula. Apabila harga suatu bahan baku relatif meningkat terhadap bahan baku lain, maka penggunaannya akan menurun. Sebagai contoh, penggunaan dedak rata-rata lebih dari 10% dalam ransum, tetapi peningkatan harga dedak relatif terhadap bahan baku lain yang mengakibatkan penggunaannya lebih rendah dalam ransum.

Sumber bahan baku pakan tidak akan banyak bervariasi jenisnya dari daftar bahan baku yang ada sekarang, kecuali jika ada bahan baku baru seperti *Distiller Dried Grains and Solubles* (DDGS), yang produksinya meningkat di Amerika Serikat akibat peningkatan produksi alkohol (Shurson *et al.* 2005). Di masa mendatang, jika pendapatan per kapita masyarakat meningkat, maka konsumsi produk unggas akan meningkat pula karena sangat elastis terhadap pendapatan.

Tabel 2. Total kebutuhan bahan baku pakan (ribu ton) di Indonesia pada berbagai tingkat produksi pakan.

	Rata-rata (%) formula ayam	Tingkat produksi (juta ton)					
		5	6	7	8	9	10
Jagung	55	2.750	3.300	3.850	4.400	4.950	5.500
Dedak	9	450	540	630	720	810	900
Sumber protein							
- Nabati	25	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500
- Hewani	4	200	240	280	320	360	400
Minyak	2	100	120	140	160	180	200
Fosfat	1	50	60	70	80	90	100
Lain-lain	4	200	240	280	320	360	400
Total	100	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000

Tabel 3. Perkembangan pabrik pakan dan konsumsi jagung di Indonesia.

Propinsi	Pabrik pakan (1995)	Konsumsi jagung (‘000 t)	Pabrik pakan (1999)	Konsumsi jagung (‘000 t)
Jabar	38 (39,2)	645,3 (36,4)	17 (27,4)	336,4 (27,4)
DKI Jakarta	7 (7,2)	3,5 (0,2)	4 (6,5)	1,7 (0,1)
Yogyakarta	10 (10,3)	454,2 (25,6)	8 (12,9)	228,8 (18,7)
Jatim	2 (2,1)	30,2 (1,7)	0 (-)	28,8 (2,3)
Sumut	15 (15,5)	170,6 (9,6)	15 (24,2)	315,9 (25,8)
Lampung	9 (9,3)	180,0 (10,1)	11 (17,7)	133,5 (10,9)
Sumsel	4 (4,1)	78,9 (4,4)	6 (9,7)	37,2 (3,0)
Riau	2 (2,1)	36,8 (2,1)	0 (-)	43,8 (3,6)
Sumbar	3 (3,1)	22,8 (1,3)	- (-)	36,8 (3,0)
Sulsel	3 (3,1)	87,2 (4,9)	1 (1,6)	45,7 (3,7)
Sulut	2 (2,1)	0,1 (0,0)	- (-)	3,0 (0,2)
Kaltim	2 (2,1)	64,0 (3,6)	- (-)	14,3 (1,2)
Total	97 (100)	2.958 (100)	62 (100)	1.887 (100)

Angka dalam kurung menyatakan persentase

Sumber: Direktorat Jenderal Produksi Peternakan (2000).

Tabel 3 memperlihatkan jumlah pabrik pakan dan konsumsi jagung di Indonesia pada tahun 1995 dan 1999. Tingkat konsumsi tertinggi jagung terdapat di empat propinsi, yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sumatera Utara, yang juga merupakan pusat industri pakan. Terlihat pula bahwa telah terjadi pergeseran pengembangan pabrik pakan dari Jabotabek ke Jawa Timur dan Sumatera Utara. Pada tahun 1995 terdapat 97 pabrik pakan yang tersebar di seluruh Indonesia, terbanyak terdapat di Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sumatera Utara. Pada tahun 1999, jumlah pabrik pakan menurun 36% akibat sulitnya memperoleh bahan baku pakan

dan krisis moneter pada tahun 1997. Pabrik pakan yang terdapat di sentra produksi jagung seperti Jawa Timur, Lampung, dan Sumatera Utara lebih bertahan dibanding di wilayah bukan produksi jagung. Sebagai contoh, jumlah pabrik pakan di Jawa Barat (bukan sentra produksi jagung) menurun 38 unit menjadi 17 unit. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik pakan sebaiknya berada di sentra produksi jagung.

SUBSTITUSI JAGUNG

Untuk menggantikan jagung sebagai bahan baku pakan diperlukan bahan lain yang kandungan energinya tinggi. Biji-bijian lain seperti *barley*, *rye*, gandum atau *oat* banyak digunakan di negara subtropis sehingga jagung tidak banyak digunakan di Eropa dan Australia. Di Indonesia, jagung dapat digantikan oleh sorgum, tetapi karena keterbatasan produksi maka sorgum hanya digunakan dalam jumlah sedikit (misalnya, 10% untuk menggantikan jagung) dan tidak tersedia sepanjang tahun. Kandungan gizi sorgum hampir mendekati jagung, baik ditinjau dari nilai energi maupun kandungan protein, tetapi sorgum mengandung tanin yang berpengaruh negatif terhadap unggas. Sorgum yang dihasilkan di Indonesia, terutama dari Demak dan Purwodadi, dapat langsung digunakan untuk menggantikan jagung karena kadar taninnya rendah, warnanya kebanyakan putih, dan harganya relatif lebih murah dibanding jagung.

Di samping sorgum, gaplek atau singkong juga dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat mengurangi penggunaan jagung. Masalahnya, gaplek mengandung protein yang relatif rendah, sehingga perlu penambahan sumber protein lain. Kedelai utuh yang mengandung minyak tinggi (20%) dan protein tinggi (38%) dapat dicampur dengan gaplek sehingga menghasilkan produk yang setara dengan jagung. Campuran 22-25% kedelai dengan 75-78% gaplek mengandung gizi yang mendekati gizi jagung. Pakan campuran ini perlu diolah lebih lanjut, terutama kedelai utuh agar tidak beracun bagi unggas. Seperti diketahui bahwa kedelai mentah mengandung racun yang dapat menekan produktivitas unggas.

Di samping bahan-bahan tersebut, dedak padi juga dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan jagung dalam ransum unggas. Meskipun kandungan energi dedak padi hanya 2.500 kkal (jagung 3.350 kkal/kg), tetapi penggunaannya dalam jumlah yang banyak, misalnya untuk ayam petelur, dapat mengurangi penggunaan jagung untuk pakan.

Bahan baku lain yang kandungan energinya cukup tinggi adalah minyak. Jenis minyak yang umum digunakan untuk pakan adalah minyak sawit kasar (CPO). Kandungan energi CPO mencapai 7800 kkal (untuk ayam dewasa)

Tabel 4. Kandungan energi metabolis (unggas) bahan baku yang dapat digunakan untuk substitusi jagung.

Bahan baku	Kandung energi (kkal/kg)	Bahan baku	Kandung energi (kkal/kg)
Jagung tinggi minyak	3.550	<i>Corn gluten meal</i>	3.750
Beras pecah/menir	3.500	Bekatul halus	3.000
Jagung	3.350	Dedak padi	2.700
Sorgum	3.275	Polar gandum	2.200
Gandum	3.066	<i>Millrun</i> gandum	2.000
Gandum + enzim	3.250	Dedak gandum (bran)	1.800
Triticale	3.000	Dedak padi bebas lemak	1.800
Triticale + enzim	3.180	Singkong/gaplek	2.950
Barley	2.775	Oats	2.550
Barley + enzim	3.050		

sehingga dapat menggantikan jagung. Masalahnya, penggunaan minyak tidak dapat terlalu banyak (maksimum hanya 4%) karena kesulitan dalam mencampur pakan atau dapat menurunkan kualitas pelet yang dihasilkan.

JAGUNG UNTUK PAKAN

Komposisi Kimia

Sebagai pakan, jagung dimanfaatkan sebagai sumber energi dengan istilah energi metabolis. Walaupun jagung mengandung protein sebesar 8,5%, tetapi pertimbangan penggunaan jagung sebagai pakan adalah untuk energi. Apabila energi yang terdapat pada jagung masih kurang, misalnya untuk pakan ayam broiler, biasanya ditambahkan minyak agar energi ransum sesuai dengan kebutuhan ternak. Kontribusi energi jagung adalah dari patinya yang mudah dicerna.

Jagung juga mengandung 3,5% lemak, terutama terdapat di bagian lembaga biji. Kadar asam lemak linoleat dalam lemak jagung sangat tinggi, sehingga dapat memenuhi kebutuhan ayam, terutama ayam petelur.

Jagung mempunyai kandungan Ca dan P yang relatif rendah dan sebagian besar P terikat dalam bentuk fitat yang tidak tersedia seluruhnya untuk ternak berperut tunggal. Jagung mengandung lisin dan metionin yang relatif rendah dibanding gandum atau dedak padi (Tabel 5).

Salah satu kelebihan jagung untuk pakan unggas, terutama ayam petelur, adalah kandungan xantofilnya yang tinggi (18 ppm) dan berguna untuk kuning telur, kulit, atau kaki berwarna lebih cerah. Hal ini tidak dijumpai pada biji-bijian lain, dedak padi, dan ubi kayu. Oleh karena itu, apabila jagung

tidak digunakan untuk pakan ayam petelur tetapi menginginkan telur berwarna kuning cerah, maka perlu ditambahkan sumber xantofil lain seperti tepung daun lamtoro, *corn gluten meal* atau sumber xantofil murni.

Jagung putih umumnya tidak mempunyai kandungan xantofil, sehingga kurang sesuai untuk bahan pakan. Di negara lain di mana jagung putih banyak digunakan sebagai bahan pangan maka nilainya lebih tinggi dibanding jagung kuning. Berdasarkan kandungan gizinya, komposisi jagung putih hampir sama dengan jagung kuning, perbedaannya terletak pada kandungan xantofil.

Komposisi kimia jagung dapat bervariasi, kandungan protein dan asam amino banyak dipengaruhi oleh genetik jagung dan kesuburan tanah, pemupukan, dan iklim. Perubahan kandungan protein jagung umumnya berhubungan dengan perubahan rasio antara kandungan protein dalam endosperm dan total protein dalam biji. Beberapa pabrik pakan melaporkan bahwa jagung lokal Indonesia mempunyai kandungan protein yang relatif lebih tinggi dibanding jagung impor, sehingga pada saat protein pakan mahal, penggunaan jagung lokal lebih menguntungkan.

Komposisi kimia jagung dipengaruhi pula oleh kematangan jagung saat dipanen. Jagung yang dipanen sebelum tiba waktunya akan mempunyai derajat kamba (*density*) yang lebih rendah dan menghasilkan pati yang rendah pula, sehingga nilai energi metabolis untuk ternak menurun. Oleh karena itu, dianjurkan untuk memanen jagung pada saat sudah cukup umur.

Tabel 5. Perbandingan nilai gizi jagung dengan biji-bijian lain dan dedak padi.

Uraian	Jagung	Sorgum	Gandum (hard)	Gaplek	Beras	Dedak padi
Kadar air	12	13	13	13	11	9
Protein	8,5	8,8	14,1	2,50	8,7	12,9
Lemak	3,8	2,9	2,5	0,50	0,7	13,0
Serat kasar	2,2	2,3	3,0	4,0	9,8	11,4
Kalsium	0,02	0,04	0,05	0,12	0,08	0,07
Fosfor	0,28	-	0,37	0,10	0,08	1,50
Fosfor tersedia	0,08	-	0,13	0,03	0,03	0,22
Energi metabolis ayam	3.350	3.288	3120	2900	2990	2980
Asam amino						
Lisin	0,26	0,21	0,37	0,08	0,43	0,59
Metionin	0,18	0,16	0,21	0,04	0,22	0,26
Metionin + Sistin	0,36	0,33	0,51	0,07	0,43	0,53
Triptofan	0,06	0,02	0,16	0,02	0,10	0,12
Treonin	0,29	0,29	0,39	0,08	0,36	0,48
Asam linoleat	2,20	1,13	0,59	-	-	3,57
Xantofil	17	-	-	-	-	-

Sumber: NRC (1994), AEC (1987).

Komposisi kimia jagung dan nilai gizi lainnya dipengaruhi oleh kadar air jagung. Jagung dengan kadar air tinggi mempunyai komposisi kimia yang lebih rendah dibanding jagung dengan kadar air rendah jika datanya didasarkan atas bobot basah atau *as is*. Para peternak atau pembuat ransum seringkali menggunakan data *as is* dalam menghitung formula, padahal jagung basah sama dengan jagung kering yang ditambah air sehingga lebih encer.

Nilai Gizi Jagung untuk Pakan

Jagung merupakan sumber energi utama pakan, terutama untuk ternak monogastrik seperti ayam, itik, puyuh, dan babi karena kandungan energi, yang dinyatakan sebagai energi termetabolis (ME), relatif tinggi dibanding bahan pakan lainnya. Dalam ransum unggas, baik ayam broiler maupun petelur, jagung menyumbang lebih dari separuh energi yang dibutuhkan ayam. Tingginya kandungan energi jagung berkaitan dengan tingginya kandungan pati (>60%) biji jagung. Di samping itu, jagung mempunyai kandungan serat kasar yang relatif rendah sehingga cocok untuk pakan ayam.

Jagung mengandung >3% lemak yang terdapat dalam lembaga biji. Lemak umumnya mempunyai kandungan energi 9 kalori/g, lebih tinggi dibanding protein atau karbohidrat yang hanya mengandung energi 4,0 kalori/g. Meskipun kandungan lemak relatif rendah, jenis asam lemak jagung berupa asam lemak tidak jenuh, terutama asam linoleat (C18:2), berguna untuk ayam petelur. Asam lemak ini dapat meningkatkan ukuran telur di samping bermanfaat dalam sintesis hormon reproduksi. Kandungan energi lemak yang tinggi mendorong peneliti untuk mengembangkan jenis jagung berlemak tinggi seperti *high oil corn* yang mempunyai kandungan lemak >6%. Meningkatnya kandungan lemak akan meningkatkan kandungan energi jagung, tetapi jagung jenis ini mempunyai produktivitas yang relatif rendah.

Kadar protein jagung (8,5%) jauh lebih rendah dibanding kebutuhan ayam broiler yang mencapai >22% atau ayam petelur > 17%. Sebenarnya, ayam memerlukan asam amino yang terdapat dalam protein. Karena itu, untuk menilai kandungan gizi jagung perlu memperhatikan kandungan asam aminonya. Kandungan lisin, metionin, dan triptofan jagung relatif rendah sehingga untuk membuat pakan ayam perlu ditambahkan sumber protein yang tinggi seperti bungkil kedelai. Untuk melengkapi kandungan asam amino dalam ransum pakan ayam dapat ditambahkan asam amino sintetis seperti L Lisin, DL Metionin atau L Treonin.

Jagung juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi ternak ruminansia, baik sapi maupun kambing/domba. Di beberapa negara, jagung digunakan untuk pakan sapi penggemukan. Untuk meningkatkan nilai gizinya, jagung dipanaskan dengan uap dan ditekan (*roll*). Teknik *rolled* kering juga dapat diaplikasikan tetapi hasilnya kurang memuaskan dibandingkan dengan *pemenyetan* cara basah dengan uap.

Untuk pakan anak babi, pemberian jagung dengan cara digiling dapat menimbulkan diare sehingga dianjurkan untuk dimasak terlebih dahulu, agar kecernaannya meningkat. Pemasakan yang umum dilakukan adalah dengan cara ekstrusi menggunakan mesin ekstruder, baik cara kering maupun basah. Jagung yang dimasak dengan ekstruder akan menghasilkan produk seperti jagung berondong yang matang.

Permasalahan Jagung untuk Pakan

Permasalahan penggunaan jagung untuk pakan masih dijumpai di lapangan, baik di Indonesia maupun di negara lain.

Ditinjau dari kualitas jagung untuk pakan maka beberapa permasalahan yang dijumpai adalah sebagai berikut:

Kadar Air

Jagung umumnya dipanen pada saat kandungan airnya tinggi, sampai 30%. Jika jagung yang sudah dipanen langsung dikeringkan, baik dengan sinar matahari maupun oven, maka kadar air dapat langsung berkurang. Pengeringan jagung hingga berkadar air 14% penting artinya agar jagung dapat disimpan tanpa mengalami kerusakan. Dalam kondisi cuaca tidak menguntungkan, petani menjual jagung dalam kondisi basah (kadar air 16-20%) ke pabrik pakan. Pabrik pakan akan mengeringkan lebih lanjut dengan mesin pengering. Apabila tidak mempunyai mesin pengering, pabrik tidak akan membeli jagung basah. Kadar air yang tinggi juga menurunkan nilai gizi jagung, karena setiap 1% kenaikan kadar air dapat mengencerkan (*dilute*) kandungan gizi sekitar 1%.

Mikotoksin

Jagung mudah ditumbuhi cendawan bila kadar airnya lebih dari 14% atau $aw = 0,62$. Cendawan akan lebih mudah tumbuh kalau jagung basah disimpan di ruangan yang panas dan lembab. Apabila cendawan yang tumbuh menghasilkan racun maka racun tersebut berpengaruh buruk terhadap ternak. Beberapa jenis racun cendawan atau mikotoksin ditemukan pada jagung, termasuk aflatoksin, T-2 toksin, zealarenon, dan DON. Racun aflatoksin hampir selalu dijumpai pada jagung di Indonesia dengan

kadar bervariasi antara 20-2.000 ppb (Tangendjaja dan Rachmawati 2006). Racun ini dapat menimbulkan kanker hati pada ternak terutama itik yang sangat sensitif terhadap racun aflatoksin dan menekan kekebalan tubuh sehingga dapat menurunkan produksi.

Jagung Pecah dan Benda Asing

Dalam kemasan jagung sering dijumpai bahan-bahan lain yang bukan biji jagung seperti tongkol, pelepah daun, dan jerami jagung, bahkan benda asing seperti kerikil. Bahan-bahan tersebut akan mempengaruhi kualitas jagung. Di Amerika Serikat, kualitas jagung dibagi dalam lima *grade* bergantung pada jumlah benda asing dan jumlah jagung rusak (Tabel 6). Biji jagung seringkali mengalami kerusakan/pecah. Apabila jagung remuk maka kualitasnya menurun. Untuk menentukan persentase jagung remuk diperlukan alat berupa ayak (*siever*).

Jagung remuk tidak dikehendaki karena tidak hanya menurunkan kualitas tetapi juga menimbulkan debu pada saat diproses untuk pakan. Kadar debu yang tinggi pada jagung di samping meningkatkan nilai susut pakan juga mempengaruhi operasional pabrik pakan.

Variasi Kandungan Gizi

Apabila jagung yang diterima oleh pabrik pakan berasal dari daerah yang sama dan dari jenis bibit yang sama maka kandungan gizinya relatif sama. Dengan masuknya jagung impor dari berbagai negara dan jagung lokal dari berbagai tempat maka kandungan gizi jagung bervariasi. Tabel 7 memperlihatkan kandungan gizi jagung dari berbagai negara dan dianalisis di laboratorium di Amerika Serikat. Hasil analisis menunjukkan variasi kandungan gizi jagung cukup tinggi ($cv > 5\%$), sehingga apabila suatu pabrik

Tabel 6. Standar jagung di Amerika Serikat.

Mutu	Minimum tes kerapatan (1b/bushel)	Biji rusak maksimum		Biji pecah dan kotor maksimum (%)
		Karena panas (%)	Total (%)	
1	56,0	0,1	3,0	2,0
2	54,0	0,1	5,0	3,0
3	52,0	0,5	7,0	4,0
4	49,0	1,0	10,0	5,0
5	46,0	3,0	15,0	7,0

Kotoran: semua bahan yang lewat saringan no. 6 dan bahan lain yang tertahan di atas saringan no. 12.

Sumber: Soyatech (2001), 1 bushel = 25,42 kg.

Tabel 7. Variasi komposisi jagung (30 contoh).

Komposisi	Jagung	Minimum	Maksimum	Simpangan baku
Air (%)	12,07	7,41	13,99	1,51
Protein (%)	8,08	6,92	8,89	0,39
Lipid/lemak (%)	3,61	2,46	4,50	0,37
Serat kasar (%)	1,92	1,53	2,67	0,28
Abu (%)	1,28	0,62	4,19	0,57
Lisin (%)	0,26	0,21	0,31	0,02
Metionin (%)	0,18	0,14	0,23	0,02
Sistin (%)	0,19	0,17	0,21	0,01
Triptofan (%)	0,16	0,05	0,07	0,01
Treonin (%)	0,28	0,24	0,31	0,02

Sumber: Novus (2000).

pakan membeli jagung sebaiknya dianalisis terlebih dahulu dan diperhitungkan pada saat jagung tersebut dibuat menjadi ransum. Formula ransum yang dibuat harus diubah sesuai dengan kualitas jagung yang diterima.

Jagung Jenis Baru

Di tingkat internasional, jagung diperdagangkan dalam jumlah yang sangat besar, mencapai puluhan miliar dolar. Pada tahun 2000, produksi jagung dunia mencapai 600 juta ton dan Amerika Serikat memberikan kontribusi sebesar 250 juta ton. Apabila harga jagung 100 dolar Amerika Serikat/ton, maka nilai jagung dunia mencapai 60 milyar dolar AS. Sebagian besar jagung yang diproduksi digunakan untuk pakan. Dengan meningkatnya pengetahuan mengenai kebutuhan gizi ternak dan analisis gizi yang lebih lengkap, para peneliti berupaya merakit jagung jenis baru, yang lebih berorientasi kepada perbaikan gizi, sesuai dengan kebutuhan ternak. Jagung jenis baru antara lain adalah jagung dengan kandungan lisin tinggi, jagung berkadar minyak tinggi, jagung berkadar fitrat rendah, dan jagung *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Jagung Berkadar Lisin Tinggi (*High Lysine Corn*)

Melalui pembentukan varietas unggul di Amerika Serikat, jagung dengan kandungan lisin yang tinggi ditujukan untuk meningkatkan kandungan glutelin (salah satu jenis protein jagung) dengan kompensasi menurunkan zein, jenis protein lain. Hal ini dilakukan dengan memasukkan gen opaque-2 atau floury-2 ke dalam jagung, sehingga dihasilkan jagung baru yang mempunyai kandungan lisin yang lebih tinggi. Sudah diketahui bahwa ternak unggas atau babi membutuhkan lisin dalam jumlah tinggi untuk memenuhi kebutuhannya. Semula, sumber lisin yang biasa digunakan adalah bungkil

kedelai. Jika kandungan lisin jagung dapat ditingkatkan maka penambahan lisin dari luar menjadi lebih sedikit. Jagung dengan kandungan lisin tinggi ternyata memiliki kemampuan produksi yang relatif lebih rendah dibanding jagung hibrida. Karena itu, pendapatan dari usahatani jagung berkadar lisin tinggi juga lebih rendah. Peningkatan harga jagung berkadar lisin tinggi tidak cukup untuk mengkompensasi hasil yang rendah (*drag yield*). Di samping itu, perkembangan teknologi produksi lisin murni melalui fermentasi mengakibatkan harga lisin turun. Pembuat pakan akan memilih lisin murni karena biaya ransum lebih murah. Di beberapa daerah di Amerika Serikat, penanaman jagung berkadar lisin tinggi masih memungkinkan bagi petani jagung yang juga memelihara ternak babi sehingga akan mengurangi penggunaan kedelai dalam pakan.

Jagung Berkadar Minyak Tinggi (*High Oil Corn*)

Jagung berkadar minyak tinggi mempunyai kandungan energi metabolis yang lebih tinggi dari jagung biasa, masing-masing 3.560 kkal dan 3404 kkal/kg (Optimum 1998). Hal ini terkait dengan kandungan minyaknya (6,33%) lebih tinggi dibanding jagung biasa (3,47%) (Tabel 8).

Percobaan menunjukkan bahwa penggunaan jagung berkadar minyak tinggi untuk pakan babi memberikan bobot badan yang lebih baik atau sama dengan babi yang diberi pakan jagung biasa ditambah minyak (Tabel 9). Penggunaan jagung untuk pakan babi bergantung pada harga jagung biasa dan minyak yang digunakan. Perhitungan (*feed formulation program*) menunjukkan harga sensitivitas (*sensitivity price*) jagung. Beberapa perusahaan pakan di Indonesia sudah ada yang mencoba untuk pakan unggas.

Tabel 8. Komposisi *high oil corn* dibanding jagung biasa.

	Jagung biasa	<i>High oil corn</i>
Air (%)	14,0	14,0
Protein (%)	7,94	8,45
Lipid (%)	3,47	6,33
Serat kasar (%)	1,95	2,06
Abu (%)	1,14	1,25
Lisin (%)	0,25	0,29
Metionin (%)	0,18	0,20
Sistin (%)	0,18	0,19
Triptofan (%)	0,07	0,07
Treonin (%)	0,28	0,31
Energi metabolis murni kkal/kg (TME _n)	3.403	5.560
Energi metabolis (babi) kkal/kg	3.362	3.516

Sumber: Optimum (1998).

Tabel 9. Penampilan babi yang diberi pakan *high oil corn* dan jagung biasa.

	<i>High oil corn</i>	Jagung biasa tanpa minyak	Jagung biasa plus minyak
Percobaan I			
Bobot badan awal (lb)	44,0	44,1	44,1
Bobot akhir (lb)	252,4	251,8	257,5
Konsumsi pakan (lb/hari)	4,85 ^b	5,10 ^a	4,95 ^b
Pertambahan Bobot badan (lb/hari)	1,88	1,87	1,92
Konversi pakan	2,58 ^b	2,72 ^a	2,58 ^b
Percobaan II			
Bobot badan awal (lb)	73,6	78,9	77,8
Bobot badan akhir (lb)	242,0	245,4	250,3
Pertambahan Bobot badan (lb/hari)	1,88	1,84	1,91
Konversi pakan	2,99 ^a	3,28 ^b	2,95 ^a

Angka sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata $P < 0,05$.
Sumber: Optimum (1999).

Tabel 10. Kandungan fosfor jagung.

Uraian	Jagung biasa	Jagung tinggi fosfor
Asam fitat (%)	0,19	0,10
P anorganik (%)	0,06	0,18
P organik (%)	0,01	0,01
Total (%)	0,26	0,29

Sumber: Raboy *et al.* (1994).

Jagung Berkadar Fitat Rendah (*Low Phytate Corn*)

Salah satu permasalahan pada jagung untuk pakan adalah unsur P yang ada di dalamnya tidak dapat dicerna (tersedia) seluruhnya oleh ayam atau babi. Unsur P dalam jagung berada dalam bentuk fitat yang berkaitan dengan inositol dan juga mengikat mineral lain. Akibatnya, ternak tidak dapat memanfaatkan P dengan baik dan dikeluarkan bersama kotoran. Apabila kotoran ternak digunakan untuk pupuk atau dibuang ke daerah pertanian, dalam keadaan tertentu dapat mencemari lingkungan.

Upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi pencemaran P terhadap lingkungan adalah menambahkan enzim fitase yang akan memecah senyawa fitat yang ada dalam jagung, sehingga P yang ada dapat tersedia bagi ternak. Beberapa peneliti telah merakit jagung berkadar fitat rendah, sehingga P yang ada dapat dimanfaatkan oleh ternak monogastrik (berperut tunggal). Komposisi gizi jagung biasa dan berkadar P tinggi dapat disajikan pada Tabel 10.

Tabel 11. Penampilan ayam broiler yang diberi jagung transgenik (Bt).

Uraian	Jagung biasa	Jagung Bt
Bobot badan (g)	1,802	1,825
Konversi pakan (g)	1,75 a	1,72 b
Jumlah hidup (% total awal)	97,8	96,1

Sumber: Brake dan Vladras (1998).

Jagung Bt

Tanaman jagung mudah diserang hama, serangan tidak hanya menurunkan produksi tetapi juga merusak biji jagung sehingga mudah pula ditumbuhi cendawan. Baru-baru ini dikenal jagung jenis baru yang disebut jagung Bt, singkatan dari *Bacillus thuringiensis*, suatu bakteri yang terdapat dalam tanah yang mempunyai gen pembawa sifat yang dapat mematikan serangga. Bakteri ini mengeluarkan senyawa kimia yang dapat mematikan serangga apabila dimakan. Para ahli bioteknologi tanaman di Amerika Serikat telah memindahkan gen dari bakteri tersebut ke dalam tanaman jagung, sehingga dihasilkan jenis jagung yang tahan terhadap serangan hama. Jagung jenis ini tidak hanya mampu memproduksi lebih tinggi, tetapi juga mengandung mikotoksin yang rendah karena biji jagung tidak banyak diserang hama dan lebih tahan terhadap cendawan. Di samping itu, penggunaan insektisida juga dapat ditekan, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.

Jagung jenis ini termasuk *Genetically Modified Organism* (GMO) karena diperoleh melalui rekayasa genetik, yang banyak dipermasalahkan oleh lembaga swadaya masyarakat tertentu. Hasil penelitian menunjukkan pemberian jagung Bt terhadap ayam tidak menimbulkan dampak negatif. Penampilan ayam yang diberikan jagung Bt sama dengan yang diberi jagung biasa (Tabel 11). Zat gizi yang terdapat dalam jagung Bt juga sama dengan jagung biasa.

PRODUK SAMPING INDUSTRI JAGUNG UNTUK PAKAN

Industri pengolahan jagung umumnya terkait proses penggilingan, yang dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu industri pengolahan dengan penggilingan secara kering dan secara basah. Di Indonesia, industri pengolahan jagung yang masih berjalan umumnya dengan sistem penggilingan secara kering. Proses penggilingan masih sederhana, terutama ditujukan untuk menghasilkan jagung *grit* yang digunakan untuk pembuatan camilan (*snack*) yang berkembang pesat akhir-akhir ini. Hasil samping penggilingan jagung ini berupa homini (*hominy*) atau disebut juga *empok*, merupakan hasil penumbukan jagung secara tradisional untuk menghasilkan beras jagung.

Di beberapa negara, pengolahan biji jagung sudah menerapkan teknologi maju, sehingga dihasilkan berbagai jenis produk dan hasil sampingnya. Meskipun Amerika Serikat bukan negara asal jagung, tetapi menjadi penghasil utama jagung di dunia dan teknologi pengolahan jagungnya sudah berkembang pesat. Jagung yang dihasilkan sebagian besar digunakan sebagai pakan atau diekspor ke negara lain, sekitar 20% jagung yang dihasilkan diolah lebih lanjut untuk pakan dan keperluan industri pengolahan jagung.

Produk Samping Penggilingan Kering: Homini, Empok, dan Tumpi

Penggilingan cara kering ditujukan untuk mengubah dan memisahkan partikel jagung agar dapat diolah lebih lanjut. Industri penggilingan jagung di Indonesia mempunyai kapasitas 1.000-3.000 t/bulan. Industri tersebut umumnya menggunakan mesin impor untuk menggiling dan memisahkan partikel jagung sehingga dihasilkan berbagai produk, terutama *grit* jagung. Hasil samping penggilingan dengan cara modern ini adalah berupa homini yang dapat dimanfaatkan untuk pakan unggas, babi, maupun ternak ruminansia.

Homini mempunyai kandungan protein sedikit lebih tinggi dibanding jagung tetapi mempunyai serat yang lebih tinggi (Tabel 12). Karena kandungan proteinnya lebih tinggi, kandungan asam amino homini relatif lebih tinggi pula. Homini akan lebih baik diberikan kepada ternak-ternak toleran terhadap kandungan serat yang lebih tinggi, seperti babi atau ayam petelur. Homini produksi dalam negeri banyak digunakan untuk pakan babi.

Pada saat proses penggilingan kering, kulit ari jagung juga dapat dipisahkan, termasuk fraksi lainnya, baik berupa kotoran halus maupun sebagian lembaga dan endosperma. Hasil samping ini disebut juga tumpi yang mempunyai kandungan serat kasar relatif tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak ruminansia.

Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir di Amerika Serikat telah berkembang penggunaan jagung untuk etanol atau biofuel. Meningkatnya harga minyak bumi mendorong pemerintah Amerika untuk memanfaatkan sumber energi lain yang dapat diperbarui (*renewable*). Ada dua jenis biofuel yang dikembangkan, yaitu biodiesel yang berasal dari minyak kedelai untuk menggantikan minyak solar, dan etanol yang diperoleh dari proses fermentasi jagung. Proses pembuatan etanol dari jagung dikelompokkan ke dalam proses penggilingan secara kering dikombinasikan dengan proses fermentasi untuk mengkonversi pati jagung menjadi etanol (Gambar 1).

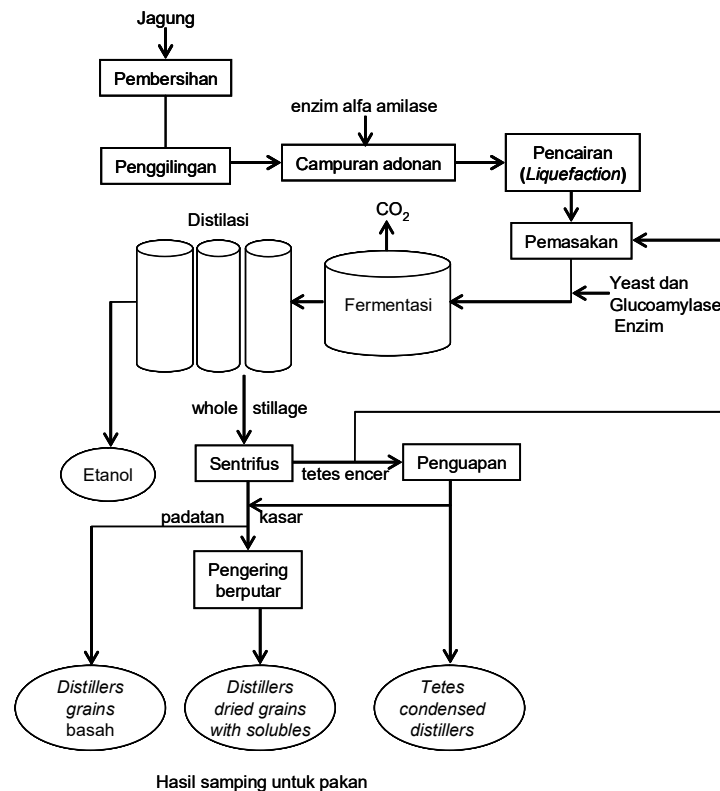
Tabel 12. Komposisi kimia dan nilai gizi homini dan DDGS.

Item	Homini	DDGS
Kadar air	-	-
Protein	11,9	-
Lemak	4,2	-
Serat		
Kasar	6,7	-
Neutral detergent	21,1	-
Abu	2,7	-
NFE	71,1	-
TDN (<i>total digestible nutrient</i>)	83,1	-
Asam linoleat	3,3	-
Xantofil (mg/kg)	4,0	-
Energi metabolisme, kkal/kg (DM)		
Unggas	3,218	2,667
Babi	3,567	3,032
Ruminan		
NE _m	2,270	2,180
NE _g	1,570	1,500
NE _l	1,880	1,970
Mineral (DM)		
Kalium (%)	0,82	1,61
Fosfor (%)	0,65	0,83
Magnesium (%)	0,26	0,20
Klorida (%)	0,10	-
Kalsium (%)	0,03	0,22
Sulfur (%)	0,12	0,32
Natrium (%)	0,01	0,27
Besi (mg/kg)	87	276
Seng (mg/kg)	49	86
Mangan (mg/kg)	14	26
Tembaga (mg/kg)	3	61
Selenium (mg/kg)	0,11	0,42
Kobalt (mg/kg)	0,06	011
Asam amino (%)		
Arginin	0,62	1,22
Alanin		1,90
Sistin	0,20	0,56
Glisin	0,44	0,61
Histidin	0,31	0,74
Isoleusin	0,40	1,11
Leusin	1,09	2,76
Lisin	0,42	0,67
Metionin	0,20	0,53
Fenilalanin	0,48	1,44
Serin	-	1,73
Treonin	0,44	1,01
Tryptofan	0,13	0,27
Tirosin	0,44	0,89
Valin	0,58	1,43
Asam aspartat	-	1,70
Asam glutamat	-	4,20
Prolin	-	2,80

NFE = *Nitrogen-free extract*,NE = *net energy*, m = *maintenance*, g = *gain*, l = *lactation*

Sumber: NRC (1998, 2001).

Dalam proses penggilingan kering yang dilanjutkan dengan fermentasi, jagung digiling terlebih dahulu setelah dibersihkan, kemudian dibuat adonan dengan menambahkan air, lalu dimasak atau disterilkan agar tidak terkontaminasi mikroba lain pada saat proses fermentasi. Untuk mempercepat fermentasi, larutan jagung diberi enzim yang mampu memecah pati menjadi gula yang dapat digunakan oleh kapang untuk dirombak menjadi alkohol dan CO_2 . Proses fermentasi dilakukan selama 48-72 jam dengan pengontrolan pH, suhu, dan oksigen. Setelah itu, alkohol yang dihasilkan dapat didistilasi untuk bahan bakar (*biofuel*) dan sisa fermentasi kemudian disentrifusi untuk memperoleh padatan yang dikenal *distillers grain* yang masih basah. Sisa cairan dapat diuapkan untuk menghasilkan “tetes” yang dikenal sebagai *condensed distillers*. Apabila kedua jenis hasil samping ini dicampur kemudian dikeringkan maka diperoleh produk *Distillers Dried Grains with Solubles* (DDGS). Dari satu bagian jagung dapat diperoleh sepertiga bagian DDGS dan sekitar sepertiga CO_2 . Diperkirakan produksi DDGS di Amerika pada tahun 2006 sudah mencapai 7 juta ton. Komposisi kimia dan nilai gizi DDGS untuk ternak dapat dilihat pada Tabel 12.



Gambar 1. Proses penggilingan jagung dengan cara kering.

Proses fermentasi adalah proses perubahan pati jagung menjadi etanol dan CO₂, sehingga komponen bahan lainnya seperti protein, lemak, serat, dan mineral akan diperoleh kembali sebagai hasil samping DDGS. Oleh karena itu, kandungan protein, lemak, dan serat DDGS lebih tinggi dibanding jagung asalnya. Kandungan protein DDGS 30% (bahan kering), tetapi kandungan lisin dan triptofan relatif rendah, karena jagung memang mengandung asam amino yang rendah. Lemak yang tinggi dalam DDGS memberikan kontribusi terhadap energi metabolisme ternak, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan monogastrik.

Di Amerika, DDGS banyak digunakan sebagai pakan sapi perah maupun sapi pedaging, bahkan dalam bentuk basah (*wet DDGS*), terutama di kawasan peternakan sapi yang dekat dengan pabrik. Meningkatnya jumlah pabrik etanol akhir-akhir ini mengakibatkan pasokan DDGS meningkat tajam dan diekspor dalam bentuk kering. Beberapa negara di Asia, Eropa, Meksiko, dan Kanada mulai memanfaatkan DDGS untuk pakan babi, unggas, dan ikan.

Pemanfaatan DDGS untuk pakan monogastrik adalah sebagai sumber protein, energi, dan P. Fosfor yang tersedia relatif tinggi sehingga dapat mengurangi penggunaan Di-kalsium Fosfat dalam pakan. Salah satu kelemahan DDGS sebagai pakan adalah kualitasnya yang bervariasi. Kandungan asam amino tercerna terutama lisin juga bervariasi (Tabel 13). Untuk mengatasi hal ini disarankan untuk membeli DDGS berwarna kuning keemasan, yang mempunyai pencernaan asam amino yang lebih baik. DDGS berwarna coklat gelap sebaiknya diberikan kepada sapi atau kambing.

Sudah umum diketahui bahwa jagung mudah ditumbuhi cendawan atau kapang yang dapat menghasilkan senyawa sekunder berupa racun. Senyawa racun ini akan ditemui dalam DDGS jika jagung yang digunakan terkontaminasi oleh mikotoksin. Umumnya, jagung yang terkontaminasi mikotoksin adalah yang kena *stress* atau rusak. Jagung rusak akan menghasilkan etanol dalam jumlah sedikit sehingga dihindari oleh pabrik etanol.

Produk Samping Penggilingan Basah: CGM, CGF, dan Corn Germ Meal

Berbeda dengan penggilingan kering, penggilingan basah dilakukan karena fraksinasi jagung dilakukan secara basah menggunakan air atau pelarut. Umumnya, penggilingan basah ditujukan untuk menghasilkan pati jagung (Gambar 2). Jagung yang telah dibersihkan akan mengalami proses fraksinasi untuk memisahkan komponen kimia jagung. Jagung akan dipisahkan dari lembaga (*germ*) dengan menggunakan air rendaman *steep water* (cairan yang digunakan dalam penggilingan basah dan dapat

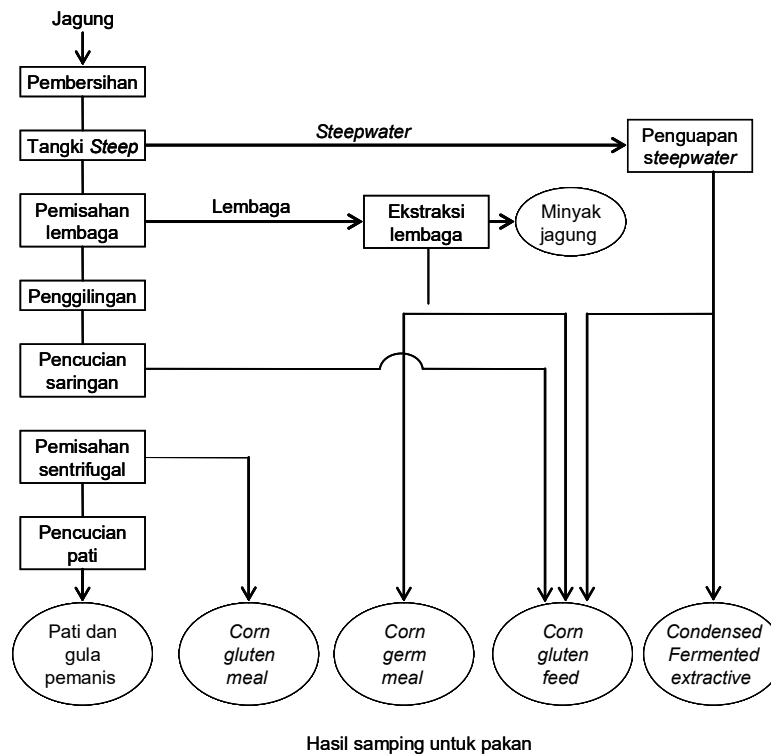
Tabel 13. Analisis DDGS dari beberapa pabrik Minnesota dan South Dakota.

Analisis proksimat	Rata-rata	Koefisien variasi
Bahan kering (%)	88,9	1,7
Protein kasar (%)	30,2	6,4
Lemak (%)	10,9	7,8
Serat (%)	8,8	8,7
Abu (%)	5,8	14,7
NFE (%)	44,5	6,1
ADF (%)	16,2	28,4
NDF (%)	42,1	14,3
Asam amino esensial		
Arginin (%)	1,20	9,1
Histidin (%)	0,76	7,8
Isoleusin (%)	1,12	8,7
Leusin (%)	3,55	6,4
Lisin (%)	0,85	17,3
Metionin (%)	0,55	13,6
Phenilalanin (%)	1,47	6,6
Treonine (%)	1,13	6,4
Triptofan (%)	0,25	6,7
Valin, (%)	1,50	7,2
Mineral ^b		
Ca (%)	0,06	57,2
P (%)	0,78	11,7
K (%)	0,94	14,0
Mg (%)	0,33	12,1
S (%)	0,47	37,1
Na (%)	0,24	70,5
Zn (ppm)	97,5	80,4
Mn (ppm)	15,8	32,7
Cu (ppm)	5,9	20,4
Fe (ppm)	119,8	41,1

^b Didasarkan atas lahan kering
Disesuaikan dengan izin Spichs *et al.* (2002)

digunakan ulang). Setelah lembaga dipisahkan, sisa jagung kemudian mengalami proses penggilingan, penyaringan, dan sentrifugasi untuk memisahkan butir pati jagung dari bahan lainnya seperti protein dan serat. Pati jagung selanjutnya dimurnikan dan dikeringkan untuk dijual sebagai bahan pangan yang dikenal sebagai tepung maizena untuk kue atau penganan lainnya.

Pati jagung juga dapat diolah lebih lanjut untuk menghasilkan gula yang dikonversikan menjadi *high fructose corn syrup* sebagai pemanis minuman ringan berkarbonat. Penggunaan sirup ini sudah meluas seiring dengan perkembangan industri minuman ringan. Dalam proses sentrifugasi untuk memisahkan pati akan dihasilkan produk samping *corn gluten meal* yang mengandung protein jagung, dapat mencapai lebih dari 60% yang berguna



Gambar 2. Proses penggilingan jagung dengan cara basah.

untuk pakan. Pati jagung dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan baku industri lainnya, misalnya sirup berfruktosa tinggi (bahan pemanis) atau bahan fermentasi untuk menghasilkan vitamin, asam amino atau diolah untuk menghasilkan turunan gula seperti sorbitol.

Hasil samping utama dari proses *wet milling* adalah *corn gluten meal* (CGM), *corn gluten feed* (CGF) dan *corn germ meal*. *Corn gluten feed* merupakan gabungan beberapa hasil samping yang kandungan seratnya tinggi tetapi masih relatif tinggi kandungan proteinnya (>20%). Di samping itu, hasil samping yang mempunyai kandungan air relatif tinggi adalah *steep liquor* atau tetes jagung yang masuk kembali ke dalam proses penggilingan, kecuali jika difermentasi menjadi *condensed fermentative extractives*.

Komposisi kimia hasil samping industri penggilingan jagung cara basah disajikan pada Tabel 14. Salah satu pertimbangan penggunaan hasil samping jagung untuk pakan adalah kandungan protein dan seratnya. Hasil samping yang berkadar serat tinggi seperti CGF atau *corn germ meal*, dapat digunakan untuk pakan sapi, kambing, domba, babi dewasa atau babi bunting. Bahan

Tabel 14. Analisis proksimat dari produk samping jagung yang diproses dengan cara basah (*wet milling*).

Paramater (% BK)	Jagung	<i>Corn gluten meal</i>	<i>Gluten meal</i>	<i>Germ meal</i>	<i>Steep Liquor</i>
Protein (Nx6.25)	9,4	23,8	65	25,1	35
Lemak	4,2	3,5	2,5	2,1	3
Serat					
Kasar	2,9	8,9	1,3	10,6	0,0
NDF ^c	9,5	35,5	11,1	48,0	0,0
Abu	1,5	6,8	3,3	4,2	15,6
NFE ^d	89,1	55,7	25,0	58,0	38,4
Pati (%)	71,7	rendah	rendah	rendah	rendah
TDN ^e (ruminan) (%)	90	80	84	70	91
Energy ^b kkal/kg (DM ^c)					
Babi, ME	3,800	2,894	4,255	1,822	3,110
Unggas, ME	3,722	1,944	4,133	1,711	3,100
Ruminan, NE					
NE _m	2,050	1870	2540	1700	2200
NE _g	1,390	1,240	1,790	1,080	1,584
NE _L	1,910	1,730	2,380	1,690	NA
Mineral (DM)					
Kalium (%)	0,42	1,46	0,46	0,38	4,8
Fosfor (%)	0,30	1,0	0,60	0,56	3,6
Magnesium (%)	0,12	0,42	0,14	0,18	1,42
Klorida (%)	0,08	0,20	0,11	0,04	0,86
Kalsium (%)	0,04	0,07	0,06	0,04	0,28
Sulfur (%)	0,10	0,44	0,86	0,36	1,18
Natrium (%)	0,02	0,13	0,05	0,04	0,22
Besi (mg/kg)	54	196	138	367	220
Seng (mg/kg)	27	75	49	118	132
Mangan (mg/kg)	11	23	15	4,1	58
Tembaga (mg/kg)	3	6	4	4,9	31,2
Kromium (mg/kg)	...	<1,5	<1,5	<1,5	<2,0
Molibdenum, mg/kg	0,8	2,2	1,1	0,56	2,0
Selenium (mg/kg)	0,07	0,19	0,34	0,37	0,7
Kobal (mg/kg)	0,05	0,1	0,0	0,0	0,28
Vitamin (mg/kg)					
β-Karoten	0,89	1,1	...	0,0	0,0
Kholin	697	1,687	367	1,564	6,996
Niasin	27	73	61	46	167
Asam Pantotenat	6,7	19	3,9	4,9	30
Piridoxin	0,78	16,7	6,9	6,6	18
Riboflavin	1,3	2,7	2,4	4,2	12
Tiamin	3,8	2,2	0,33	6,8	6
Biotin	0,07	0,15	0,17	0,24	0,66
Inositol	NA	5,923	2,102	NA	12,012
Xantofil (mg/kg BK)	19,0	24	244-550	0,0	0,0
Asam Linoleat (% BK)	2,15	1,60	1,3	0,6	0,0

Sumber: Loy dan Wright (2003), NRC (1994, 1998, 2001), Loy dan Miller (2002), Weigel *et al.* (1997), Watson (1986).

yang mempunyai serat rendah dan protein tinggi dapat digunakan untuk pakan unggas dan babi.

Hasil samping yang berkadar serat rendah dan protein tinggi seperti CGM mempunyai kandungan energi metabolis yang relatif tinggi, sehingga bermanfaat digunakan pakan ayam broiler, yang membutuhkan energi dan protein tinggi. Meski demikian, kandungan asam amino hasil samping industri ini, terutama lisin dan triptofan, relatif rendah dan belum dapat memenuhi kebutuhan ayam atau babi, sehingga perlu penambahan bungkil kedelai yang tinggi kandungan lisin dan triptofannya. Untuk melengkapi formula pakan dapat pula ditambahkan lisin murni.

Limbah jagung terutama CGM mengandung karotenoid (kelompok xantofil) yang relatif tinggi dan bermanfaat untuk sumber warna kuning pada telur atau warna kaki (*shank*) ayam broiler, sehingga banyak digunakan dalam ransum ayam. Seperti halnya DDGS, hasil samping CGM juga dapat terkontaminasi mikotoksin, karena itu perlu diawasi pada saat digunakan sebagai pakan ternak.

Penggunaan hasil samping jagung untuk pakan tidak hanya ditentukan oleh komposisi kimia tetapi juga oleh harga, dibanding dengan bahan baku lainnya. Pabrik pakan dapat menghitung sendiri kebutuhan bahan untuk

Tabel 15. Kandungan asam amino dan jagung dan hasil samping jagung proses *wemilling*.

Paramater	Jagung	<i>Corn gluten meal</i>	<i>Gluten meal</i>	<i>Germ meal</i>	<i>Steep Liquor</i>
Protein (% BK)	9,3	23,8	6,5	25,1	46,0
Asam amino (%)					
Lisin	0,29	0,70	1,13	1,0	1,6
Metionin	0,19	0,39	1,59	0,7	1,0
Sistin	0,21	0,51	1,21	0,44	1,6
Tritofan	0,07	0,08	0,34	0,22	0,1
Treonin	0,33	0,81	2,31	1,2	1,8
Isolueusin	0,31	0,74	2,76	0,8	1,4
Leusin	1,11	2,18	11,32	2,0	4,0
Fenilalanin	0,44	0,84	4,27	1,0	1,6
Tirosin	0,28	0,64	3,61	0,8	1,0
Valin	0,44	1,12	3,10	1,3	2,4
Histidin	0,26	0,74	1,42	0,8	1,4
Arginin	0,42	1,16	2,14	1,4	2,2
Glisin	0,27	1,1	1,86	1,22	2,2
Serin	0,42	0,89	3,29	1,1	2,0
Alanin	0,78	1,7	5,8	1,6	3,6
Asam aspartat	0,68	1,3	4,0	1,6	2,8
Asam glutamate	1,77	3,7	15,3	3,6	7,0
Prolin	0,84	1,9	6,1	1,4	4,0

Sumber: Loy dan Wright (2003), NRC (1994, 1998).

ransum yang akan dipasarkan. Pakan yang akan diproduksi bergantung pada jenis pakan karena kebutuhan gizi ternak dewasa berbeda dengan ternak yang masih kecil. Jenis ternak yang satu berbeda pula kebutuhan gizinya dibanding jenis ternak yang lain.

LIMBAH TANAMAN JAGUNG UNTUK PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Ada beberapa macam limbah tanaman jagung dan produk samping industri berbasis jagung. Di Indonesia, dikenal istilah lokal untuk beberapa limbah tanaman dan industri jagung.

- **Tebon jagung**, yaitu seluruh tanaman termasuk batang, daun, dan buah jagung muda yang dicacah dan diberikan langsung kepada ternak. Petani yang hanya memproduksi tebon jagung biasanya bekerja sama dengan pengusaha peternakan. Petani hanya menanam jagung sebagai hijauan dan pada umur tertentu tanaman dipangkas dan dicacah untuk diberikan kepada ternak. Cacahan jagung juga dibuat silase.
- **Jerami jagung/brangkasan**, yaitu bagian batang dan daun jagung yang dibiarkan kering di ladang dan dipanen pada saat tongkol dipetik. Jerami jagung seperti ini umumnya dijumpai di daerah penghasil benih atau jagung untuk keperluan industri pakan.
- **Kulit buah jagung**, biasanya dibuang. Kulit jagung manis potensial untuk dijadikan silase karena kadar gulanya cukup tinggi.
- **Tongkol jagung/janggal**, yaitu bagian dari buah jagung setelah biji dipipil.

Limbah jagung dengan proporsi terbesar adalah batang jagung (*stover*) dengan kecernaan bobot kering *in vitro* terendah. Kulit jagung merupakan limbah dengan proporsi terkecil tetapi mempunyai kecernaan lebih tinggi dibanding limbah lainnya (Tabel 16). Data yang hampir sama dilaporkan oleh Anggraeny *et al.* (2006), limbah jagung dari batang berkisar antara 55,4-62,3%, dari daun 22,6-27,4%, dan dari klobot antara 11,9-16,4%.

Tabel 16. Proporsi limbah pertanian jagung, kadar protein kasar, dan nilai kecernaan bobot keringnya.

Limbah jagung	Kadar air (%)	Proporsi limbah (% BK)	Protein kasar (%)	Kecernaan BK <i>in vitro</i> (%)
Batang	70-75	50	3,7	51
Daun	20-25	20	7,0	58
Tongkol	50-55	20	2,8	60
Kulit jagung	45-50	10	2,8	68

Sumber: McCutcheon dan Samples (2002).

Pengolahan Limbah Jagung

Di Amerika, Argentina, dan Brazil, ketersediaan limbah tanaman jagung berlimpah, sehingga diolah agar penyediaan pakan terjamin. Sebagian dari limbah tersebut diproses atau disimpan dalam bentuk *hay* atau diawetkan dalam bentuk silase.

Silase

Silase dapat dibuat dari seluruh bagian tanaman jagung, termasuk buah muda (90 hari), buah yang sudah matang (100 hari), atau kulit jagung manis (Pasaribu *et al.* 1995).

Bagian dari sisa panen jagung masih cukup tinggi kadar airnya. Untuk pembuatan silase, dibutuhkan bahan dengan kadar air sekitar 60%. Oleh sebab itu, sisa panen tanaman jagung biasanya dikeringkan selama 2-3 hari. Dalam pembuatan silase, tanaman jagung dipotong-potong sampai kecil (*chop*), lalu dimasukkan sambil dipadatkan ke dalam kantong-kantong plastik kedap udara. Bila kondisi kedap udara tidak 100% maka bagian permukaan silase akan ditumbuhi oleh bakteri seperti *Clostridium tyrobutyricum* yang mengubah asam laktat menjadi asam butirat (Driehuis and Giffel 2005).

Bila seluruh tanaman jagung termasuk buahnya dibuat menjadi silase, maka karbohidrat terlarut yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri sudah mencukupi. Bila yang dibuat silase hanya jerami atau kulit jagung, perlu ditambahkan molases sebagai sumber karbohidrat terlarut. Dalam pembuatan silase, juga dapat ditambahkan *starter* (bakteri atau campurannya) untuk mempercepat proses pematangan. Mikroba yang ditambahkan biasanya adalah bakteri penghasil asam laktat seperti *Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. lactis*, *L. buchneri*, *Pediococcus acidilactici*, dan *Enterococcus faecium* yang berperan menurunkan pH silase (Nusio 2005).

Amoniasi dan Fermentasi

Selain dibuat silase, limbah tanaman jagung juga dapat diamoniasi. Sebelum dibuat silase, limbah tanaman jagung diberi perlakuan terlebih dahulu, yaitu dengan menambahkan urea 34 g/kg limbah. Proses ini disebut proses amoniasi.

Proses fermentasi juga dapat dilakukan terhadap limbah tanaman jagung. Pamungkas *et al.* (2006) menggunakan *Pleurotus flabelatus* untuk fermentasi jerami jagung, sedangkan Rohaeni *et al.* (2006) menggunakan *Trichoderma viridae* untuk fermentasi tongkol jagung.

Nutrisi Limbah Jagung untuk Ternak Ruminansia

Nutrisi dari limbah tanaman dan produk samping industri jagung sangat bervariasi (Tabel 17 dan 18). Total gizi terencana (TDN) tertinggi terdapat pada silase tanaman jagung termasuk buah yang matang, dan terendah dijumpai pada tongkol. Kadar protein tongkol jagung lebih rendah dibanding bahan lainnya, sedangkan silase tanaman jagung manis mempunyai kandungan protein tertinggi. Tongkol dan batang jagung mempunyai kandungan NDF lebih tinggi dibanding limbah lainnya, tidak *palatable*, dan mudah ditumbuhi cendawan pada kondisi suhu panas.

Di antara beberapa varietas/galur yang diteliti, Maros Sintetik memiliki kadar serat (NDF) tertinggi (Tabel 18). Dapat disimpulkan bahwa limbah tanaman jagung perlu disuplementasi atau diberi perlakuan sebelum diberikan kepada ternak.

Pengaruh Pemberian Limbah Jagung terhadap Keragaan Ternak

Silase jagung HC (dipotong setinggi 45,7 cm dari tanah) mempunyai kecernaan NDF yang lebih tinggi. Sapi laktasi yang diberi pakan silase ini, produksi susunya yang cenderung lebih tinggi dibanding yang diberi silase jagung NC (dipotong setinggi 12,7 cm dari tanah) (Neylon and Kung 2003).

Di Irlandia Utara, silase jagung digunakan untuk menggantikan sebagian silase rumput yang telah digunakan terlebih dahulu dan penelitian menunjukkan bahwa pemberian silase jagung dapat meningkatkan konsumsi hijauan (1,5 kg BK/hari, lebih tinggi dari kontrol). Begitu pula, produksi, lemak, dan protein susu masing-masing lebih tinggi 1,4 kg/hari, 0,6 g/kg, dan 0,8 g/kg dari kontrol (Keady 2005).

Di beberapa kabupaten di Indonesia, telah dilakukan pengkajian integrasi jagung dengan ternak, terutama sapi. Dibandingkan dengan pakan tradisional, pemberian limbah tanaman jagung dalam bentuk *hay*, silase, atau fermentasi dapat meningkatkan bobot badan harian sapi (Anggraeny *et al.* 2005, Rohaeni *et al.* 2006, Sariubang *et al.* 2006). Di Jawa Timur, pemberian tumpi jagung meningkatkan bobot badan ternak dan mengurangi biaya pakan (Pamungkas *et al.* 2006). Penggunaan tongkol jagung sebagai sumber serat bagi ternak ruminansia perlu diikuti oleh penambahan bahan lain sebagai sumber protein, mineral, dan vitamin agar ternak dapat tumbuh optimum. Sistem usahatani integrasi jagung dengan sapi juga mampu memberikan keuntungan yang lebih besar, karena lebih efisien dalam penyediaan pakan ternak dan bahan organik.

Tabel 17. Komposisi kimia dan gizi tanaman, limbah tanaman, dan produk samping industri jagung.

Jenis limbah	Energi					Protein			Serat				
	DM (%)	TDN (%)	NE _M (Mcal/cwt)	NE _G (Mcal/cwt)	NE _L	PK (%)	UIP (%)	SK (%)	ADF (%)	NDF (%)	eNDF (%)	LK (%)	Abu (%)
Jerami jagung (<i>corn fodder</i>)	80	67	69	40	68	9	45	25	29	48	100	2,4	7
Batang jagung tua (<i>corn stover/stalk mature</i>)	80	59	59	28	59	5	30	35	44	70	100	1,3	7
Silase tanaman jagung termasuk buah muda (<i>corn silage, milk stage</i>)	26	65	66	37	66	8	18	26	32	54	60	2,8	6
Silase tanaman jagung termasuk buah yang sudah matang (<i>corn silage, mature well eared</i>)	34	72	75	47	74	8	28	21	27	46	70	3,1	5
Silase tanaman jagung manis (<i>corn silage, sweet corn</i>)	24	65	66	37	66	11	-	20	32	57	60	5,0	5
Tongkol (<i>corn cobs</i>)	90	48	48	9	47	3	70	36	39	88	56	0,5	2

Sumber: Preston (2006)

Tabel 18. Kandungan gizi jerami jagung dari beberapa varietas (umur 100 hari) di Jawa Timur dan Maros, Sulawesi Selatan.

Nama Varietas (asal)	BK (%)	BO (%)	PK (%)	LK (%)	SK (%)	NDF (%)	ADF (%)
Bisi kering (Jatim)	83,04	88,70	4,46	0,85	33,12	-	-
NK kering (Jatim)	83,20	91,78	5,37	0,60	31,73	-	-
Arjuna kering (Jatim)	83,54	91,60	4,90	0,86	31,11	-	-
S99TLYQGH-AB (Sulsel)	43,24	85,04	4,89	0,55	33,80	61,11	45,18
Pozarica 8365 (Sulsel)	46,85	84,14	3,78	0,64	34,96	62,48	43,42
Across 8666 (Sulsel)	47,61	83,86	4,63	0,65	29,14	71,61	42,30
S98TLWQ-FLD (Sulsel)	44,86	83,39	4,41	0,69	30,00	71,20	43,00
POP63C2QPMLTV (Sulsel)	46,83	83,24	4,87	0,69	29,02	71,95	43,67
Maros sintetik (Sulsel)	48,00	83,62	4,32	0,77	29,16	73,58	44,60

Sumber: Anggraeny *et al.* (2005), Umiyasih dan Anggraeny (2005).

DAFTAR PUSTAKA

- AEC. 1997. Rhone Poulenc Animal Nutrition Guide. RPAN, France.
- Anggraeny, Y.N., U. Umiyasih, and D. Pamungkas. 2005. Pengaruh suplementasi multi nutrien terhadap performans sapi potong yang memperoleh pakan basal jerami jagung. Pros. Sem. Nas. Teknologi Peternakan dan Veteriner. p. 147-152.
- Anggraeny, Y.N., U. Umiyasih, and N.H. Krishna. 2006. Potensi limbah jagung siap rilis sebagai sumber hijauan sapi potong. Prosiding Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Puslitbangnak, Pontianak, 9-10 Agustus 2006. p.149-153.
- Brake, J. and D. Vladras. 1998. Evaluation of transgenic event 176 "Bt" corn in broiler chicken. Poultry Sci., 77: 648-653
- Direktorat Jendral Produksi Peternakan. 2000. Buku Statistik Peternakan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Driehuis, F and M.C. Giffel. 2005. Butyric acid bacteria spores in whole crop maize silages. *In: Silage production and utilization*. R.S. Park and M.D. Stronge (Eds.). Wageningen Academic Publ., the Netherlands. p. 271.
- Keady, T.W.J. 2005. Ensiled maize and whole crop wheat forages for beef and dairy cattle: effects on animal performance. *In: Silage production and Utilization*. Park, R.S. and Stronge, M.D. (Eds.). Wageningen Academic Publ., the Netherlands. p. 65-82.
- Loy, D. and W. Miller. 2002. Ethanol coproducts for cattle: The process and products. Ext. Bull. IBC-18. Iowa State Uni. Ames.

- Loy, D and K.N. Wright. 2003. Nutritional properties and feeding value of corn and its by-products. *In*: White, P.J. and Johnson, L.A. (Eds.). Corn: chemistry and technology. 2nd ed, AACCC, Minnesota, AMERIKA SERIKAT, p. 571-604.
- McCutcheon, J and D. Samples. 2002. Grazing Corn Residues. Extension Fact Sheet Ohio State University Extension. US. ANR10-02.
- Neylon, J.M. and L. Kung, Jr. 2003. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *J Dairy Sci* 86: p. 2163-2169.
- Novus. 2000. Nutrient Problem for North American Feed Samples. Novus Int. MO.
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Domestic Animals.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of swine: 10th rev.ed. Natl. Res. Council, Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of dairy cattle, 7th rev.ed. Natl. Res. Council, Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Nusio, L.G. 2005. Silage production from tropical forages. *In*: Silage production and utilization. Park, R.S. and Stronge, M.D. (Eds.). Wageningen Academic Publ., the Netherlands: p. 97-107.
- Optimum. 1998. Your Link to the Future of Poultry Production. Optimum Quality Grain Des Moines, Iowa.
- Optimum. 1999. Optimum High Oil Corn. Opt Quality Grain. LLC. Iowa.
- Pamungkas, D., E. Romjali, dan Y.N. Anggraeny. 2006. Peningkatan mutu biomas jagung menunjang penyediaan pakan sapi potong sepanjang tahun. Prosiding Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Puslitbangnak, Pontianak, 9-10 Agustus 2006, p. 142-148.
- Pasaribu, T, B. Tangendjaja, and E. Wina. 1995. Silase kulit jagung manis (*Zea mays var saccharata*) sebagai pakan domba. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Peternakan. p. 170-175.
- Preston, R.L., 2006. Feed Composition Tables. <http://beef-mag.com/mag/beef-feed-composition/>
- Raboy, V, K. Young, and P. Gerbasi. 1994. Maize low phytic acid (Lpa) mutants, Abstracts: 4th International Congress of plant molecular Biology: Abs No:182).

- Rohaeni, E.S., N. Amali, and A. Subhan. 2006. Janggal jagung fermentasi sebagai pakan alternatif untuk ternak sapi pada musim kemarau. Prosiding Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Puslitbangnak, Pontianak, 9-10 Agustus 2006, p. 193-196.
- Sariubang, M., Gufroni, L.M. dan Sahardi. 2005. Pengkajian system integrasi tanaman jagung sapi potong di lahan kering, Sulawesi Selatan. Prosiding Lokakarya Nasional Jejaring Pengembangan Sistem Integrasi Jagung-Sapi. Puslitbangnak, Pontianak, 9-10 Agustus 2006, 209-213.
- Shurson, J., S. Noll, and J. Gohl. 2005. Corn by product diversity and feeding value to non ruminant. Proc. MN Nutr. Conf. p. 18-21.
- Soyatech. 2001. Soya and Oilseed Bluebook. Soyatech Inc. Bar Harbor, ME, Amerika Serikat.
- Spichs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. J. Anim. Sci. 80:2639-2645.
- Tangendjaja, B. dan S. Rachmawati. 2006. Mycotoxin levels in corn and feed collected from Indonesian feedmills. Proc ISTAP IV, Jogjakarta.
- Umiyasih, U. dan Y.N. Anggraeny. 2005. Evaluasi limbah dari beberapa varietas jagung siap rilis sebagai pakan sapi potong. Pros. Sem. Nas. Teknologi Peternakan dan Veteriner. p. 125-130.
- Watson, S.A. 1986. Coproducts Overview. Scientific Conf. Proc Corn Refiners Assoc., Washington, DC. p. 104-132.
- Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. Feed Coproducts of the Corn Wet Milling Process. Renewable Fuels Assoc., Washington, DC.



Perkembangan Produksi dan Kebijakan dalam Peningkatan Produksi Jagung

Siwi Purwanto

Direktorat Budi Daya Sereal, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays*) merupakan salah satu sereal yang strategis dan bernilai ekonomis serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena kedudukannya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras. Hampir seluruh bagian tanaman jagung dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan. Batang dan daun tanaman yang masih muda dapat digunakan untuk pakan ternak, yang tua (setelah dipanen) dapat digunakan untuk pupuk hijau atau kompos. Saat ini cukup banyak yang memanfaatkan batang jagung untuk kertas. Harganya cukup menarik seiring dengan kenaikan harga bahan baku kertas berupa pulp. Buah jagung yang masih muda banyak digunakan sebagai sayuran, perkedel, bakwan, dan sebagainya. Kegunaan lain dari jagung adalah sebagai pakan ternak, bahan baku farmasi, dextrin, perekat, tekstil, minyak goreng, dan etanol.

Permintaan jagung meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan industri. Di samping itu, kelangkaan bahan bakar minyak dari fosil mendorong berbagai negara mencari energi alternatif dari bahan bakar nabati (biofuel), di antaranya jagung untuk dijadikan bioetanol sebagai substitusi premium. Hal ini mengakibatkan permintaan akan jagung semakin meningkat, sulit didapat dan mahal harganya, karena pengekspor jagung terbesar di dunia seperti Amerika Serikat telah mengurangi ekspornya karena kebutuhan dalam negerinya semakin meningkat, di antaranya untuk industri bioetanol. Cina juga telah mengurangi ekspornya guna memenuhi kebutuhan bahan baku industri dalam negerinya.

Beberapa permasalahan yang dijumpai dalam pengembangan jagung di antaranya adalah fluktuasi produksi dan harga, penanganan pascapanen pada saat panen raya dan alsin prosesing dan pengolahannya (*dryer* dan *corn sheller*) termasuk silo, masih terbatas sehingga berpengaruh terhadap kualitas hasil, terbatasnya modal usahatani, dan kemitraan usaha belum berkembang.

KONDISI AGRIBISNIS JAGUNG

Perkembangan Produksi Jagung

Luas panen jagung dalam kurun waktu 1968-2007 mengalami fluktuasi, dengan peningkatan rata-rata 1,85% per tahun. Pada tahun 2007, berdasarkan angka ramalan (ARAM) III, luas panen jagung 3.619.411 ha dengan produksi sebesar 13.279.794 t pipilan kering. Produksi jagung selama kurun waktu tersebut menunjukkan tren yang meningkat dengan laju 5,16% per tahun. Produktivitas jagung pada tahun 2007 rata-rata 3,67 t/ha pipilan kering, meningkat dengan laju 3,70% per tahun (Tabel 1). Peningkatan produktivitas tersebut terkait dengan pengembangan varietas jagung hibrida, peningkatan intensitas pertanaman, dan penerapan pengelolaan tanaman terpadu (PTT). Pertanaman jagung pada musim hujan (Oktober-Maret) lebih luas daripada musim kemarau (April-September).

Perkembangan Harga Jagung

Harga jagung di tingkat produsen dalam periode 1995-2007 terus meningkat dengan laju 16,6% per tahun. Pada tahun 1995 harga jagung di tingkat produsen Rp 394/kg, dan pada tahun 2006 meningkat menjadi Rp 1.802/kg. Harga jagung di tingkat konsumen/harga eceran selama kurun waktu 1995-2007 mengalami peningkatan dengan laju 17,07% per tahun. Pada tahun 1995 harga jagung di tingkat konsumen Rp 507 per kg dan pada tahun 2007 (sampai Agustus) telah mencapai Rp 2.885/kg.

Tabel 1. Perkembangan luas panen, produktivitas, dan produksi jagung dalam periode 2003-2007.

Tahun	Luas panen		Produktivitas		Produksi	
	ha	%	ku/ha	%	ton	%
2003	3.358.511	-	32,41	-	10.886.442	-
2004	3.356.511	(0,05)	33,44	3,18	11.225.243	3,11
2005	3.625.987	8,02	34,54	3,29	12.523.894	11,57
2006	3.345.805	(7,72)	34,70	0,46	11.609.463	(7,30)
2007	3.619.411	8,18	36,96	5,74	13.279.794	14,39
Rata-rata	3.461.326	1,67		2,53	11.904.967	4,35

Ket: Tahun 2007 ARAM III

Konsumsi Jagung

Jagung merupakan salah satu komoditas pangan yang dapat dikonsumsi secara langsung maupun dalam bentuk olahan. Kegunaan lain dari jagung adalah untuk pakan ternak, bahan baku industri bir, farmasi, dextrin, perekat, tekstil, minyak goreng, dan etanol. Dalam periode 1989-2002 telah terjadi pergeseran penggunaan jagung tetapi masih dominan untuk konsumsi langsung. Setelah tahun 2002, penggunaan jagung lebih banyak untuk memenuhi kebutuhan industri pakan. Penggunaan jagung untuk industri pangan juga terus meningkat.

KEBIJAKAN DAN STRATEGI PENINGKATAN PRODUKSI

Kebijakan

Kebijakan pembangunan tanaman pangan dalam rangka meningkatkan produksi dan pendapatan petani dilakukan melalui lima upaya yang disebut Panca Yasa, yaitu:

- a) Perbaikan infrastruktur pertanian, meliputi pembangunan, rehabilitasi, dan pemeliharaan jaringan irigasi, jalan usahatani dan lain lain.
- b) Pengembangan kelembagaan pertanian yaitu revitalisasi kelompok tani, gapoktan, asosiasi petani, P3A, dan koperasi.
- c) Penyuluhan dan aplikasi teknologi, meliputi pemberdayaan penyuluh, rekrutmen tenaga penyuluh, kelembagaan penyuluhan, dan lain lain.
- d) Permodalan pertanian yaitu penjaminan pinjaman, subsidi bunga, KKP, SP3, BLMKIP, dan lain lain.
- e) Pemasaran Hasil Pertanian meliputi penetapan harga pembelian pemerintah (HPP), peningkatan mutu hasil, dan lain lain.

Strategi

Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas dicapai melalui perbaikan mutu benih (penggantian varietas komposit ke hibrida dan komposit unggul), pemupukan berimbang, pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT), pengairan dan penggunaan alsintan untuk menekan kehilangan hasil pada saat panen.

Perluasan Areal

Perluasan areal tanam diutamakan melalui optimalisasi pemanfaatan lahan di samping pembukaan lahan baru, pemanfaatan lahan perkebunan dan

kehutanan, lahan-lahan yang belum dimanfaatkan atau lahan tidur. Perbaikan lahan irigasi, pembuatan embung, sumur resapan, dan pompanisasi diperlukan pula dalam kaitannya dengan perluasan areal tanam.

Pengamanan Produksi

Pengamanan produksi diupayakan melalui pengendalian OPT, dampak perubahan iklim, pengurangan kehilangan hasil, dan peningkatan mutu melalui perbaikan teknologi panen dan pascapanen.

Kelembagaan dan Pembiayaan

Pengembangan jagung diupayakan pula melalui pemberdayaan kelembagaan yang meliputi kelompok tani, gabungan kelompok tani (Gapoktan), koperasi tani (Koptan), asosiasi petani, LSM, KTNA, UPJA, kios saprodi, pelayanan, penyuluhan, perbenihan, dan perlindungan tanaman. Pembiayaan pengembangan jagung antara lain bersumber dari KKP, LM3, SP3, BLMKIP, LUEP, dan kemitraan.

LANGKAH OPERASIONAL

Peningkatan Produktivitas

Dalam upaya peningkatan produksi, pijakan utama yang digunakan dalam program pengembangan jagung adalah tingkat produktivitas yang telah dicapai saat ini. Pada daerah-daerah yang telah memiliki produktivitas tinggi ($> 6,0$ t/ha), programnya adalah pemantapan produktivitas. Untuk meningkatkan produksi di daerah yang tingkat produktivitasnya masih rendah ($< 5,0$ t/ha), diprogramkan pergeseran penggunaan jagung ke jenis hibrida dan komposit unggul dengan menggunakan benih berkualitas.

Setiap tahun diharapkan adanya peningkatan penggunaan benih hibrida 5%. Untuk jagung komposit lokal diharapkan adanya penurunan luas tanam yang sebanding dengan peningkatan luas tanam jagung hibrida.

Dalam program pergeseran penggunaan jenis, varietas, dan benih bermutu tersebut diperlukan kegiatan seperti: (a) perbaikan sistem produksi dan distribusi benih berkualitas jagung hibrida dan komposit unggul, (b) pembentukan penangkar benih berbasis komunal di pedesaan, dan (c) penerapan PTT.

Perluasan Areal Tanam

Perluasan areal tanam diarahkan ke luar Jawa yang memiliki potensi cukup luas melalui pemanfaatan lahan sawah selama musim kemarau yang tidak ditanami padi, serta mengoptimalkan dan penambahan luas baku lahan kering.

Dalam memanfaatkan lahan sawah setelah pertanaman padi (biasanya musim kemarau) akan diarahkan pada lahan beririgasi, baik yang bersumber dari air permukaan maupun air tanah. Untuk memanfaatkan air tanah direncanakan pembuatan sumur dan penyediaan pompa. Dalam pemanfaatan lahan kering, untuk penetapan areal perlu dilakukan pewilayahan komoditas agar tidak terjadi tumpang tindih penggunaan lahan dengan komoditas lain. Agar proses produksi jagung pada lahan kering berkelanjutan, maka aspek konservasi lahan perlu mendapat perhatian.

Pengamanan Produksi

Pengaman produksi dimaksudkan untuk mengatasi gangguan OPT, dampak fenomena iklim, pengamanan kualitas produksi dan kehilangan hasil akibat penanganan panen dan pascapanen yang kurang benar.

Gangguan OPT dapat diatasi dengan menerapkan sistem pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu dengan menerapkan berbagai cara pengendalian menjadi satu kesatuan pengendalian yang kompatibel, sehingga OPT tidak menimbulkan kerugian. Pengamanan kualitas produksi dari residu pestisida dilaksanakan dengan pemantauan residu pestisida, penggunaan pestisida secara bijaksana, dan pengembangan penerapan agen hayati. Pengamanan hasil dari dampak fenomena iklim dilakukan dengan memperkuat antisipasi agar kerusakan tanaman dapat ditekan seminimal mungkin. Upaya untuk mengurangi kehilangan hasil dilakukan dengan menerapkan teknologi panen dan pascapanen yang baik.

Kelembagaan dan Pembiayaan

Kelembagaan

Dalam rangka pengembangan agribisnis jagung ke depan diperlukan penguatan kelembagaan, baik kelembagaan petani maupun kelembagaan usaha dan pemerintah agar dapat berfungsi sesuai dengan peranan masing-masing. Kelembagaan petani dibina dan dikembangkan berdasarkan kepentingan masyarakat dan harus tumbuh dan berkembang di masyarakat itu sendiri. Dalam hal ini pemerintah hanya berperan sebagai fasilitator dalam menggerakkan dan mendorong untuk tumbuh dan berkembang melalui

program yang telah dirancang. Kelembagaan pertanian antara lain penyuluhan (BPP), kelompok tani, Gapoktan, Koptan, penangkar benih, pengusaha benih, kios pertanian, KUD, pasar desa, pedagang, asosiasi petani, asosiasi industri olahan, asosiasi benih, P3A, UPJA, dan lain-lain diberdayakan seoptimal mungkin untuk mendukung pengembangan agribisnis jagung.

Pembiayaan

Untuk mempercepat pengembangan jagung maka pendanaan kegiatan dapat berasal dari:

- Melalui bantuan benih jagung hibrida, baik yang berasal dari APBN maupun sumber-sumber dana lainnya.
- Pengadaan sarana produksi berupa pupuk dan dana untuk pembinaan berasal dari dana APBN (dana tugas pembantuan) dengan pola Penguatan Modal Usaha Kelompok (PMUK).
- Untuk pendampingan/pengawasan teknologi diperoleh dari dana dekonsentrasi, bila tidak memungkinkan diupayakan dari dana APBD I atau APBD II.
- Fasilitas kredit pertanian (KKP, SP3, BLM-KIP, dan lain-lain).
- Pendanaan lainnya dalam pelaksanaan program dapat melalui kerja sama dengan pola kemitraan dengan *stakeholder*.

PERMASALAHAN

Beberapa masalah yang dijumpai dalam pengembangan jagung antara lain:

1. Produksi tidak merata setiap bulannya, sehingga pada waktu tertentu pabrik pakan kekurangan bahan baku jagung.
2. Lemahnya permodalan petani, terutama untuk penyediaan sarana produksi pertanian dan pada waktu tertentu beberapa sarana itu sulit diperoleh.
3. Produksi jagung sebagian besar dihasilkan pada musim hujan, sedangkan alat pengering dan gudang sangat terbatas, menyebabkan banyak produksi jagung yang mengalami kerusakan.
4. Belum adanya jaminan harga pada saat panen raya.
5. Lemahnya kelembagaan petani jagung, sehingga harga ditentukan oleh konsumen, tengkulak, dan pengumpul.
6. Masih terbatasnya benih hibrida di tingkat petani merupakan salah satu masalah dalam upaya percepatan peningkatan produksi.



Wilayah Produksi dan Potensi Pengembangan Jagung

Zubachtirodin, M.S. Pabbage, dan Subandi
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Jagung mempunyai peran strategis perekonomian nasional, mengingat fungsinya yang multiguna. Jagung dapat dimanfaatkan untuk pangan, pakan, dan bahan baku industri. Dari seluruh kebutuhan jagung, 50% di antaranya digunakan untuk pakan.

Dalam lima tahun terakhir, kebutuhan jagung untuk bahan baku industri pakan, makanan, dan minuman meningkat 10-15% per tahun. Dengan demikian, produksi jagung mempengaruhi kinerja industri peternakan.

Dalam perekonomian nasional, jagung penyumbang terbesar kedua setelah padi dalam subsektor tanaman pangan. Sumbangan jagung terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) terus meningkat setiap tahun, sekalipun pada saat krisis ekonomi. Pada tahun 2000, kontribusi jagung dalam perekonomian nasional mencapai Rp 9,4 trilyun dan pada tahun 2003 meningkat menjadi Rp 18,2 trilyun. Kondisi demikian mengindikasikan besarnya peranan jagung dalam memacu pertumbuhan subsektor tanaman pangan dan perekonomian nasional secara umum.

Perluasan areal tanam dan penggunaan benih hibrida dan komposit unggul telah meningkatkan produksi jagung dari 6,255 juta ton pada tahun 1991 menjadi 12,523 juta ton pada tahun 2005 (Departemen Pertanian 2005, 2007), namun belum mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga impor masih diperlukan. Produksi jagung nasional diproyeksikan tumbuh 4,63% per tahun, pada tahun 2009 mencapai 13,98 juta ton. Pada tahun 2015 produksi jagung diharapkan telah mencapai 17,93 juta ton (Departemen Pertanian 2005). Peluang peningkatan produksi jagung dalam negeri masih sangat terbuka baik melalui peningkatan produktivitas yang sekarang masih rendah (3,43 t/ha) maupun pemanfaatan potensi lahan yang masih luas utamanya di luar Jawa.

Tulisan ini memberi gambaran tentang status, potensi, dan arah pengembangan jagung di Indonesia, serta langkah yang harus ditempuh untuk mewujudkannya.

KONDISI PERTANAMAN JAGUNG

Tanaman jagung mempunyai adaptasi yang luas dan relatif mudah dibudidayakan, sehingga komoditas ini ditanam oleh petani di Indonesia pada lingkungan fisik dan sosial-ekonomi yang sangat beragam. Jagung dapat ditanam pada lahan kering, lahan sawah, lebak, dan pasang-surut, dengan berbagai jenis tanah, pada berbagai tipe iklim, dan pada ketinggian tempat 0–2.000 m dari permukaan laut.

Selama periode 2001-2006, rata-rata luas areal pertanaman jagung di Indonesia sekitar 3,35 juta ha/tahun dengan laju peningkatan 0,95% per tahun. Luas areal pertanaman jagung menduduki urutan kedua setelah padi sawah. Jika dibandingkan dengan komoditas lain, luas pertanaman jagung hanya 0,32 kali dari luas pertanaman padi, dan 5,32 kali luas pertanaman kedelai (Tabel 1).

Produktivitas jagung di Indonesia masih sangat rendah, baru mencapai 3,47 t/ha pada tahun 2006, namun cenderung meningkat dengan laju 3,38% per tahun. Masih rendahnya produktivitas menggambarkan bahwa penerapan teknologi produksi jagung belum optimal. Dalam periode 1990-2006, produksi jagung rata-rata 9,1 juta ton dengan laju peningkatan 4,17% per tahun (Tabel 2). Terindikasi bahwa peningkatan produksi jagung di Indonesia lebih ditentukan oleh perbaikan produktivitas daripada peningkatan luas panen (laju peningkatan 0,96%).

Jagung dibudidayakan pada lingkungan yang beragam. Hasil studi Mink *et al.* (1987) menunjukkan bahwa sekitar 79% areal pertanaman jagung terdapat di lahan kering, 11% terdapat di lahan sawah irigasi, dan 10% di

Tabel 1. Luas panen tanaman pangan dalam periode 2001-2006.

Tahun	Luas panen (juta ha)							
	Padi sawah	Padi ladang	Jagung	Kacang tanah	Kedelai	Kacang hijau	Ubi kayu	Ubi jalar
2001	10,62	1,18	3,29	0,68	0,82	0,32	1,28	0,19
2002	10,42	1,08	3,13	0,66	0,68	0,34	1,32	0,18
2003	10,40	1,09	3,36	0,68	0,53	0,35	1,25	0,20
2004	10,80	1,12	3,36	0,72	0,57	0,31	1,26	0,19
2005	10,73	1,11	3,63	0,72	0,62	0,32	1,21	0,18
2006 ^{*)}	10,71	1,07	3,35	0,71	0,58	0,31	1,22	0,17
Rata-rata r (%/th)	10,61	1,11	3,35	0,70	0,63	0,33	1,26	0,19

^{*)} Angka sementara

Sumber: BPS dan Ditjen Tanaman Pangan (2006).

Tabel 2. Perkembangan areal, produktivitas, dan produksi jagung di Indonesia, 1990-2005.

Tahun	Areal panen (‘000 ha)	Produktivitas (ton/ha)	Produksi (‘000 ton)
1990	3.158	2,13	6.734
1991	2.909	2,15	6.255
1992	3.629	2,20	7.995
1993	2.939	2,20	6.459
1994	3.109	2,21	6.869
1995	3.651	2,26	8.245
1996	3.744	2,49	9.307
1997	3.355	2,61	8.771
1998	3.456	2,94	10.169
1999	3.848	2,39	9.204
2000	3.500	2,76	9.677
2001	3.286	2,79	9.165
2002	3.127	3,09	9.654
2003	3.359	3,24	10.886
2004	3.357	3,34	11.225
2005	3.625	3,45	12.523
2006	3.346	3,47	11.609
Rata-rata	3.346	2,69	9.103
r (%/th)	0,96	3,38	4,17

Sumber: Departemen Pertanian (2007).

sawah tadah hujan. Saat ini data tersebut telah mengalami pergeseran. Berdasarkan estimasi Kasryno (2002), pertanaman jagung di lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan meningkat berturut-turut menjadi 10-15% dan 20-30%, terutama di daerah produksi jagung komersial.

Sekitar 57% produksi biji jagung di Indonesia dihasilkan dari pertanaman pada musim hujan (MH), 24% pada musim kemarau (MK I), dan 19% pada MK II (Kasryno 2002). Pertanaman jagung pada MH umumnya diusahakan pada lahan kering, sedangkan pada MK diusahakan pada sawah tadah hujan dan sawah irigasi.

Penerapan inovasi teknologi di tingkat petani masih beragam, bergantung pada orientasi produksi (subsisten, semi komersial, komersial), kondisi kesuburan tanah, risiko yang dihadapi, dan kemampuan petani membeli atau mengakses sarana produksi. Penyebaran penggunaan varietas pada tahun 2005 adalah 22% hibrida, dan selebihnya komposit (unggul dan lokal). Angka ini masih di bawah Thailand yang telah menggunakan benih jagung hibrida hingga 98%, sedangkan Filipina sudah menggunakan benih hibrida 65%. Masih mahalnnya benih hibrida dan pertimbangan risiko yang dihadapi, cukup banyak petani yang menanam benih hibrida turunan (F2). Pemakaian benih hibrida merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan produksi jagung.

PRODUKSI DAN KEBUTUHAN

Produksi jagung di Indonesia mulai meningkat tajam setelah tahun 2002 dengan laju 9,14% per tahun. Pada tahun 2005, produksi jagung mencapai 12,5 juta ton.

Sebelum tahun 1990, penggunaan jagung di Indonesia lebih banyak (86%) untuk konsumsi langsung, hanya sekitar 6% untuk industri pakan. Penggunaan jagung untuk industri pangan juga masih rendah, baru sekitar 7,5%. Walaupun sebagian besar penggunaan jagung untuk konsumsi langsung, tetapi sudah mulai tampak penggunaan untuk industri pangan dan bahkan pangsanya sudah di atas penggunaan untuk industri pakan (Tabel 3).

Dalam periode 1990-2002 telah terjadi pergeseran penggunaan jagung walaupun masih didominasi untuk konsumsi langsung. Setelah tahun 2002, penggunaan jagung lebih banyak untuk kebutuhan industri pakan selain industri pangan. Selama tahun 2000-2005, penggunaan jagung untuk konsumsi menurun sekitar 2,0%/th. Sebaliknya, penggunaan jagung untuk industri pakan dan industri pangan meningkat masing-masing 5,86% dan 3,01%/th.

Tabel 3. Perkembangan penggunaan jagung dalam negeri, total kebutuhan, produksi, dan selisih produksi dan kebutuhan, 1990-2005 ('000 ton).

Tahun	Konsumsi	Industri pangan	Pakan	Kebutuhan	Produksi	Produksi - kebutuhan
1990	5.703	499	396	6.598	6.734	+136
(%)	(86,44)	(7,56)	(6,00)	(100)		
2000	4.657	2.340	3.713	10.719	9.677	-1.042
(%)	(43,45)	(21,83)	(34,64)	(100)		
2001	4.567	2.415	3.955	10.937	9.165	-1.772
(%)	(41,76)	(22,08)	(36,16)	(100)		
2002	4.478	2.489	4.197	11.164	9.654	-1.510
(%)	(40,11)	(22,29)	(37,59)	(100)		
2003	4.388	2.564	4.438	11.390	10.886	-504
(%)	(38,53)	(22,51)	(38,96)	(100)		
2004	4.299	2.638	4.680	11.617	11.225	-392
(%)	(37,01)	(22,71)	(40,29)	(100)		
2005	4.212	2.714	4.935	11.861	12.523	+662
(%)	(35,51)	(22,88)	(41,61)	(100)		
r (%/th)	-1,95	3,01	5,86	2,04	4,17	

Angka dalam kurung menunjukkan persentase dari total kebutuhan.
Sumber: Departemen Pertanian (2005, 2007).

Permintaan jagung di pasar domestik dan pasar dunia terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri pakan dan pangan. Meningkatnya pendapatan per kapita menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap produk turunan jagung.

Dalam periode 1990-2001 pangsa penggunaan jagung impor sebagai bahan baku industri pakan dalam negeri meningkat dengan laju 11,8% per tahun. Sebaliknya, pangsa penggunaan jagung produksi domestik turun sebesar 3,77% per tahun. Mulai tahun 1994, ketergantungan pabrik pakan dalam negeri terhadap jagung impor sangat tinggi, mencapai 40,3%. Pada tahun 2000 penggunaan jagung impor dan jagung domestik untuk industri pakan ternak hampir berimbang, 47,0% dan 53,0%. Hal ini mengindikasikan bahwa produksi jagung dalam negeri semakin meningkat dan dapat menggantikan sebagian produk impor untuk memenuhi kebutuhan industri pakan. Dengan demikian impor jagung diharapkan akan menurun.

Sejak tahun 2000, impor jagung meningkat secara nyata meskipun produksi dalam negeri juga meningkat. Impor jagung pada tahun 2000 mencapai 1,28 juta ton, tiga tahun kemudian naik menjadi 1,39 juta ton dan pada 2004 meningkat menjadi 2,73 juta ton. Sementara produksi jagung nasional dalam lima tahun terakhir juga mengalami peningkatan, yakni dari 9,6 juta ton pada 2002 menjadi 10,9 juta ton pada 2003 dan meningkat lagi menjadi 12,5 juta ton pada 2005. Produksi pada tahun 2006 mengalami penurunan 7,3% menjadi 11,6 juta ton. Produksi jagung nasional pada 2007 diperkirakan akan mencapai 13,5 juta ton. Peningkatan produksi tersebut akan dapat menghemat devisa karena impor akan menurun tajam.

Dilihat dari kebutuhan jagung dalam negeri, sebetulnya masih terdapat surplus yang potensial untuk diekspor. Selama ini Indonesia juga telah mengekspor 3,36 juta ton pada 2000 namun menurun menjadi 1,67 juta ton pada 2003 dan meningkat lagi menjadi 3,67 juta ton pada 2004. Ekspor jagung terutama ke Hongkong, Malaysia, Jepang, Filipina, dan Thailand.

Terjadinya ekspor dan impor jagung diduga terkait dengan kondisi pertanaman jagung di Indonesia. Sebagian besar jagung diusahakan pada lahan kering yang penanamannya pada musim hujan, sehingga terjadi perbedaan jumlah produksi yang nyata antara pertanaman musim hujan dengan pertanaman musim kemarau. Hal ini menyebabkan ketersediaan jagung pada bulan-bulan tertentu melebihi kebutuhan, di samping keterbatasan kapasitas gudang penampungan yang terkait dengan sifat jagung yang kurang tahan disimpan dalam waktu lama, sehingga mendorong dilakukannya ekspor. Harga jagung yang dipanen pada musim hujan relatif lebih murah dibandingkan dengan yang dipanen pada musim kemarau. Sebaliknya, pada musim kemarau ketersediaan jagung untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri sangat kurang karena luas

areal panen terbatas sehingga harga jagung relatif lebih mahal. Kondisi ini mendorong pemerintah untuk mengimpor jagung.

Pada tahun 2005 produksi jagung nasional telah mencapai 12,5 juta ton sementara kebutuhan 11,8 juta ton. Laju peningkatan produksi jagung selama 2000-2005 mencapai 5,5%, sementara laju peningkatan kebutuhan 2,04%, sehingga produksi nasional diperkirakan akan melebihi kebutuhan, bahkan berpeluang untuk ekspor. Di sisi lain, volume jagung yang diperdagangkan di pasar dunia dalam periode 1990-2003 hanya 75,5 juta ton atau 13,5% dari total produksi dunia, dan menurun 0,02% per tahun. Kondisi ini menunjukkan bahwa pasar jagung dunia relatif tipis (*thin market*). Namun sejak 2006, negara penghasil utama jagung dunia seperti Amerika dan Cina mulai mengurangi ekspor untuk memenuhi kebutuhan dalam negerinya terkait dengan pemanfaatan jagung sebagai bahan baku energi. Untuk itu, peluang ekspor jagung Indonesia cukup besar mengingat rata-rata produktivitas nasional masih rendah (3,47 t/ha).

Dalam periode 1990-2006, laju peningkatan areal panen jagung 0,96% per tahun, produktivitas 3,38% per tahun, produksi 4,17% per tahun, dan kebutuhan 2,04% per tahun. Dengan demikian, Indonesia optimis tidak lagi menjadi negara pengimpor melainkan pengekspor jagung, jika distribusi ketersediaan jagung nasional dapat lebih stabil per bulan untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri, terkait dengan musim tanam. Berdasarkan data produksi dan kebutuhan dalam periode 1990-2006, diperkirakan terjadi kelebihan produksi jagung nasional dan dapat diekspor (Tabel 4).

Tabel 4. Perkiraan produksi, kebutuhan, dan kelebihan produksi jagung dalam periode 2007-2017 berdasarkan data 1990-2006.

Tahun	Produksi (‘000 ton)	Kebutuhan (‘000 ton)	Produksi – kebutuhan (‘000 ton)
2005	12.523	11.861	+ 662
2006	11.609	12.149	- 540
2007	12.093	12.458	- 365
2008	12.597	12.712	- 115
2009	13.122	12.971	+ 151
2010	13.669	13.235	+ 434
2011	14.239	13.505	+ 734
2012	14.833	13.780	+ 1.053
2013	15.452	14.061	+ 1.391
2014	16.096	14.348	+ 1.748
2015	16.767	14.641	+ 2.126
2016	17.466	14.940	+ 2.526
2017	18.194	15.245	+ 2.949

Data diolah berdasarkan data seri dari tahun 1990-2005

Kelebihan produksi jagung nasional baru terjadi mulai tahun 2009 jika tidak ada upaya percepatan peningkatan produktivitas dan perluasan areal panen.

AREAL POTENSIAL UNTUK PENGEMBANGAN JAGUNG

Pengembangan jagung melalui perluasan areal diarahkan pada lahan-lahan potensial seperti sawah irigasi dan tadah hujan yang belum dimanfaatkan pada musim kemarau, dan lahan kering yang belum dimanfaatkan untuk usaha pertanian. Berdasarkan penyebaran luas sawah dan jenis irigasinya, potensi pengembangan areal jagung melalui peningkatan Indeks Pertanaman (IP) pada lahan sawah diperkirakan 457.163 ha, dengan rincian: (a) 295.795 ha di Sumatera dan Kalimantan, (b) 130.834 ha di Sulawesi, dan (c) 30.534 ha di Bali dan Nusa Tenggara (Tabel 5).

Luas lahan kering yang sesuai dan belum dimanfaatkan untuk usahatani jagung adalah 20,5 juta ha, 2,9 juta ha di antaranya di Sumatera, 7,2 juta ha di Kalimantan, 0,4 juta ha di Sulawesi, 9,9 juta ha di Maluku dan Papua, dan 0,06 juta ha di Bali dan Nusa Tenggara. Potensi tersebut jauh lebih besar dari luas areal pertanaman jagung saat ini (Tabel 6). Namun potensi aktual yang diperuntukkan bagi pengembangan jagung perlu ditetapkan, sebab lahan tersebut juga menjadi sasaran pengembangan komoditas lainnya (perkebunan, hortikultura, pangan lainnya).

Tabel 5. Potensi perluasan areal tanam jagung dengan peningkatan indeks pertanaman (IP) di lahan sawah.

Daerah	Sawah irigasi		Sawah tadah hujan		Jumlah (ha)
	Tanam padi 1 kali (ha)	Tanam padi 2 kali (ha)	Tanam padi 1 kali (ha)	Tanam padi 2 kali (ha)	
Jawa	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil	-
Sumatera + Kalimantan	91.599 (20% x 457.994)	82.376 (10% x 823.756)	98.249 (15% x 654.993)	23.571 (10% x 235.710)	295.795
Sulawesi	30.474 (25% x 121.895)	74.488 (15% x 469.584)	23.816 (10% x 238.160)	2.056 (5% x 41.135)	130.834
Bali + Nusa Tenggara	13.224 (10% x 132.238)	10.891 (5% x 217.828)	6.419 (10% x 64.189)	0 (0% x 4.191)	30.534
Indonesia	135.297	167.755	128.484	25.627	457.163

Sumber: Puslitbangtanak (2002) (data diolah).

Tabel 6. Potensi lahan kering yang sesuai untuk pengembangan jagung (ha).

Propinsi	Lahan sesuai ^a	Lahan yang digunakan ^b	Selisih
Sumatera			
Sumatera Utara	3.379.255	2.824.585	554.670
Riau	4.930.494	3.345.827	1.584.667
Jambi	2.820.298	2.552.268	268.030
Sumatera Selatan	4.468.325	4.012.669	455.656
Sub Total	15.598.372	12.735.349	2.863.023
Kalimantan			
Kalimantan Barat	7.666.814	5.893.013	1.773.801
Kalimantan Selatan	1.801.573	1.508.004	293.569
Kalimantan Timur	9.110.136	3.941.815	5.168.321
Sub Total	18.578.523	11.342.832	7.235.691
Sulawesi			
Sulawesi Selatan	2.743.567	2.388.532	355.035
Sub Total	2.743.567	2.388.532	355.035
Maluku + Papua			
Papua	9.943.353	0	9.943.353
Sub Total	9.943.353	0	9.943.353
Bali + Nusa Tenggara			
Nusa Tenggara Barat	604.796	542.921	62.055
Sub Total	604.796	542.921	62.055
Indonesia	47.468.611	27.009.963	20.459.157

Sumber: ^aPuslitbangtanak (2002), ^bBPS dan Ditjen Tanaman Pangan (2003).

ARAH PENGEMBANGAN

Apabila laju produksi jagung dalam negeri tetap 4,17% per tahun, seperti pada tahun 1990-2006, dan laju kebutuhan seperti saat ini, maka pada tahun 2009 Indonesia dapat berswasembada jagung, dengan kelebihan produksi sekitar 151.000 ton. Untuk mempercepat laju peningkatan produksi melalui perluasan areal panen 1,0% per tahun, teknologi produksi yang telah ada (varietas unggul dan budi daya) perlu dimanfaatkan, misalnya menggunakan benih jagung hibrida dan komposit unggul yang bermutu, disertai dengan penerapan teknologi budi daya maju.

Sarana/Prasarana Produksi

Untuk menjamin keberhasilan pengembangan jagung perlu adanya sistem pengadaan benih bermutu dari varietas unggul, pupuk, herbisida/pestisida,

serta alat dan mesin pertanian yang lebih baik. Hal ini diupayakan dengan cara (a) mendorong pengembangan kemitraan antara petani dengan swasta/pengusaha dan pemerintah dalam menyediakan sarana produksi, (b) perbaikan sistem produksi benih jagung nasional dalam penyediaan benih bermutu dengan harga murah, antara lain dengan menumbuhkan penangkar benih jagung unggul komposit di pedesaan, dan (c) menumbuhkan kembangkan usaha jasa alsintan dalam penyiapan lahan, penanaman, dan pascapanen (traktor, alat tanam, pemipil, dan pengering).

Peningkatan Produktivitas

Dalam upaya peningkatan produktivitas, pijakan yang digunakan adalah tingkat produktivitas yang telah dicapai saat ini. Pada daerah-daerah yang telah memiliki tingkat produktivitas tinggi ($>6,0$ t/ha), program yang diperlukan adalah pemantapan produktivitas. Untuk meningkatkan hasil pada areal yang tingkat produktivitasnya masih rendah ($<5,0$ t/ha), perlu adanya pergeseran penggunaan jagung ke jenis hibrida dan komposit dengan benih bermutu (Tabel 7).

Dalam program pergeseran penggunaan jenis, varietas, dan benih tersebut diperlukan kegiatan seperti: (a) perbaikan produksi dan distribusi benih bermutu, (b) pembentukan penangkar benih berbasis komunal di pedesaan, dan (c) penerapan teknologi budi daya melalui pendekatan PTT, antara lain varietas yang sesuai, pemupukan berdasarkan status hara tanah (spesifik lokasi), dan pengendalian organisme pengganggu tanaman. Upaya tersebut perlu diikuti dengan penerapan teknologi pascapanen untuk menjamin mutu dan nilai tambah produksi.

Tabel 7. Rencana pergeseran penggunaan jenis, varietas, dan benih jagung.

Tahun	Hibrida (%)	Komposit (%)		
		Unggul benih bermutu	Unggul benih petani	Lokal benih petani
2005	30	5	40	25
2008	40	15	25	20
2010	50	25	10	15
2015	60	25	5	10

Sumber: Departemen Pertanian (2005) (data diolah).

Perluasan Areal Tanam

Perluasan areal tanam diarahkan ke luar Jawa pada lahan sawah selama musim kemarau yang tidak ditanami padi dan lahan kering.

Hingga 2015 akan terjadi tambahan areal panen sekitar 457.163 ha (Tabel 5). Karena itu, penambahan luas areal tanam lebih difokuskan pada lahan sawah setelah padi (peningkatan IP). Pilihan ini didasarkan pada pertimbangan investasi yang lebih murah (tidak membuka lahan), produk yang akan diperoleh lebih bermutu, dan harga akan lebih baik karena pasokan jagung kurang pada musim kemarau. Daerah/lokasi produksi ditetapkan melalui analisis daya saing komoditas, kecukupan air irigasi (permukaan atau air tanah), dan ketersediaan tenaga kerja.

Selama 2015-2025, pengembangan areal tanam (minimal 974.490 ha) difokuskan kepada lahan kering di luar Jawa. Dalam kaitan ini pewayalahan komoditas diperlukan, sebab areal yang sama juga berpeluang dikembangkan untuk berbagai komoditas (perkebunan, pangan, dan hortikultura).

Pemanfaatan lahan sawah setelah padi (musim kemarau) perlu diarahkan pada lahan yang ketersediaan air irigasinya memadai, baik dari air permukaan maupun air tanah. Untuk memanfaatkan air tanah, pembuatan sumur, dan penyediaan pompa perlu direncanakan. Pewayalahan komoditas pada lahan kering perlu dilakukan agar tidak terjadi tumpang tindih rencana penggunaan lahan dengan komoditas lain. Agar sistem produksi jagung pada lahan kering dapat berkelanjutan, aspek konservasi lahan perlu mendapat perhatian. Daerah-daerah yang baru dibuka memerlukan dukungan pembangunan infrastruktur (jalan, transportasi), kelembagaan sarana produksi, alsintan, dan permodalan.

Peningkatan Nilai Tambah dan Daya Saing

Pengolahan dan pemasaran jagung diarahkan untuk mewujudkan tumbuhnya usaha yang dapat meningkatkan nilai tambah dan harga yang wajar di tingkat petani, sehingga petani dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraannya. Untuk mendukung kebijakan tersebut, maka strategi yang perlu ditempuh antara lain: (a) meningkatkan mutu produk dan mengolah produksi menjadi bahan setengah jadi, (b) meningkatkan harga jagung dan pembagian keuntungan (*profit sharing*) yang proporsional bagi petani, (c) menumbuhkan unit-unit pengolahan dan pemasaran jagung yang dikelola oleh kelompok tani/gabungan ketompok tani atau asosiasi perjagungan, (d) meningkatkan efisiensi biaya pengolahan dan pemasaran serta memperpendek mata rantai pemasaran, dan (e) mengurangi impor dan meningkatkan ekspor jagung.

Upaya pengembangan pengolahan dan pemasaran jagung yang akan dilaksanakan antara lain: (1) pengembangan dan penanganan pascapanen dengan penerapan manajemen mutu sehingga produk yang dihasilkan sesuai persyaratan mutu pasar, dalam kaitan tersebut pelatihan dan penyuluhan yang intensif tentang manajemen mutu diperlukan, (2) pembangunan unit-unit pengolahan di tingkat petani/gapoktan/asosiasi, (3) pembangunan pusat pengeringan dan penyimpanan di sentra produksi jagung, (4) penguatan peralatan mesin yang terkait dengan kegiatan pengolahan dan penyimpanan jagung, antara lain alat pengering (*dryer*), pemipil (*corn sheller*), penepung, pemotong/pencacah bonggol, pencampur pakan (*mixer*), dan gudang, (5) penguatan modal, (6) pembentukan dan fasilitasi sistem informasi dan promosi, serta asosiasi jagung, dan (7) pengembangan industri berbasis jagung.

Dukungan Inovasi Teknologi

Penelitian juga diperlukan untuk mendukung program pengembangan jagung, seperti (a) pembentukan varietas hibrida dan komposit yang lebih unggul (termasuk penggunaan bioteknologi), di antaranya varietas toleran kemasaman tanah dan kekeringan, (b) produksi benih sumber dan sistem perbenihan, (c) teknologi budi daya yang makin efisien (pendekatan PTT), dan (d) pascapanen untuk meningkatkan mutu dan nilai tambah produk.

PENUTUP

1. Peluang peningkatan produksi jagung dalam negeri masih terbuka lebar melalui pemanfaatan sumber pertumbuhan produksi secara optimal. Sumber pertumbuhan tersebut meliputi: (1) perluasan areal tanam melalui peningkatan indeks pertanaman (IP) dan ekstensifikasi dengan memanfaatkan lahan tidur, (2) menekan senjang hasil antarwilayah maupun antargroekosistem melalui penggunaan varietas unggul baru komposit dan hibrida serta penerapan model PTT spesifik lokasi, (3) menekan kehilangan hasil panen dan pascapanen, dan (4) meningkatkan stabilitas hasil antarmusim dan wilayah melalui penerapan pengendalian hama terpadu secara bijaksana.
2. Berdasarkan penyebaran luas sawah dan jenis irigasinya, diperkirakan potensi luas pertanaman jagung yang dapat diperoleh dari peningkatan indeks pertanaman di lahan sawah adalah 457.163 ha, tersebar seluas 295.795 ha di Sumatera dan Kalimantan, 130.834 ha di Sulawesi, dan 30.534 ha di Bali dan Nusa Tenggara. Luas lahan kering yang sesuai dan belum dimanfaatkan untuk usahatani jagung mencapai 20,5 juta ha, dan 2,9 juta ha di antaranya terdapat di Sumatera, 7,2 juta ha di

Kalimantan, 0,4 juta ha di Sulawesi, 9,9 juta ha di Maluku dan Papua, dan 0,06 juta ha di Bali dan Nusa Tenggara. Potensi tersebut jauh lebih besar dari luas pertanaman jagung saat ini.

3. Ke depan, pengembangan jagung diarahkan untuk meningkatkan produksi jagung dalam negeri dengan target swasembada dan ekspor. Indonesia diarahkan untuk menjadi salah satu produsen jagung di dunia yang memiliki keunggulan komparatif, sehingga industri jagung nasional menjadi tangguh dan mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS dan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2003. Statistik Indonesia.
- BPS dan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2006. Statistik Indonesia.
- Departemen Pertanian. 2004. Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. www.deptan.go.id. 2004.
- Departemen Pertanian. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan. 51 p.
- Departemen Pertanian. 2007. Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. www.deptan.go.id. 2007.
- Kasryno, F. 2002. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia selama empat dekade yang lalu dan implikasinya bagi Indonesia. Makalah disampaikan pada Diskusi Nasional Agribisnis Jagung, di Bogor, 24 Juni 2002, Badan Litbang Pertanian.
- Mink, S, D., P.A. Dorosh, and D.H. Pery. 1987. Corn production systems. *In*: Timmer (Eds.). The Corn Economy of Indonesia. P. 62-87.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak). 2002. Peta: Potensi Lahan Pengembangan Jagung di Indonesia. Bahan Pameran pada Festival Jagung Pangan Pokok Alternatif di Bogor 26-27 April 2002.



Gambaran Umum Ekonomi Jagung Indonesia

Faisal Kasryno¹, Effendi Pasandaran¹, Suyamto², dan Made O. Adnyana²

¹Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor

PENDAHULUAN

Dalam numenklatur ekonomi tanaman pangan Indonesia, jagung merupakan komoditas penting kedua setelah padi/beras. Akan tetapi, dengan berkembang pesatnya industri peternakan, jagung merupakan komponen utama (60%) dalam ransum pakan. Diperkirakan lebih dari 55% kebutuhan jagung dalam negeri digunakan untuk pakan, sedangkan untuk konsumsi pangan hanya sekitar 30%, dan selebihnya untuk kebutuhan industri lainnya dan bibit. Dengan demikian, peran jagung sebetulnya sudah berubah lebih sebagai bahan baku industri dibanding sebagai bahan pangan.

Geografi komoditas jagung juga mengalami pergeseran. Pada saat masih berstatus sebagai komoditas pangan, daerah penyebaran jagung didominasi oleh Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur. Dengan berkembangnya industri peternakan maka peran Lampung dan Sumatera Utara mulai mengalahkan posisi Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur.

Perubahan pola permintaan jagung juga mendorong perubahan adopsi teknologi benih. Mulai awal tahun 1990an, industri benih jagung hibrida berkembang pesat yang diikuti oleh percepatan adopsi teknologi jagung hibrida. Percepatan adopsi ini terkait dengan promosi dan penyuluhan yang dilakukan oleh industri benih jagung hibrida. Diperkirakan luas areal tanam jagung hibrida lebih 30% dari total areal pertanaman jagung di Indonesia. Penyebaran jagung lokal diperkirakan kurang dari 25% yang mayoritas ditanam di Madura (Jawa Timur), Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi Selatan.

Semula, pada saat permintaan jagung didominasi oleh jagung konsumsi, jagung umumnya diusahakan pada lahan kering, terutama pada musim hujan. Dengan berkembangnya adopsi teknologi maka areal pertanaman jagung menyebar ke lahan sawah beririgasi, terutama di Jawa Timur, Lampung, dan Sumatera Utara.

Permintaan jagung akan sangat dinamis, terkait dengan meningkatnya harga minyak bumi. Permintaan jagung untuk energi alternatif, bahan baku industri pakan, dan industri makanan akan terus meningkat di masa mendatang. Perubahan pola permintaan jagung ke depan perlu dijadikan

acuan dalam penentuan kebijakan ketahanan pangan di Indonesia dan negara berkembang lainnya.

Tulisan ini menyajikan aspek perubahan ekonomi jagung pada masa kini dan perkiraan pada masa datang. Selain itu, dikemukakan pula analisis perubahan pola usahatani jagung dalam struktur pola usahatani komoditas padi.

PERKEMBANGAN PRODUKTIVITAS JAGUNG

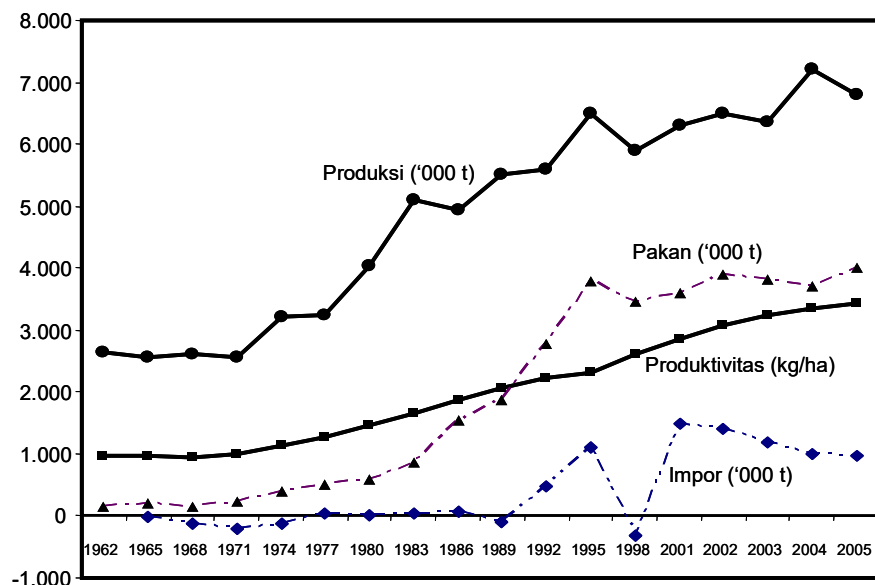
Peningkatan produksi jagung nasional baru terlihat setelah tercapainya swasembada beras pada 1984. Hal ini antara lain disebabkan oleh kebijakan pembangunan sejak akhir 1960an sampai tercapainya swasembada beras terfokus pada upaya peningkatan produksi padi. Dalam dokumen Repelita III dan IV memang dikemukakan bahwa setelah swasembada beras terwujud, prioritas baru diberikan kepada diversifikasi pertanian.

Dalam Gambar 1 terlihat bahwa produktivitas jagung mulai meningkat relatif cepat setelah tahun 1980an. Dalam periode 1960-80 dilepas 18 varietas unggul jagung komposit. Dalam periode 1980-90 dilepas pula jagung hibrida varietas CP1, CP2, dan Pioner dengan potensi hasil 5-7 t pipilan kering/ha. Diperlukan waktu lebih dari 15 tahun untuk melihat dampak penemuan varietas unggul jagung komposit terhadap perkembangan produktivitas jagung di Indonesia.

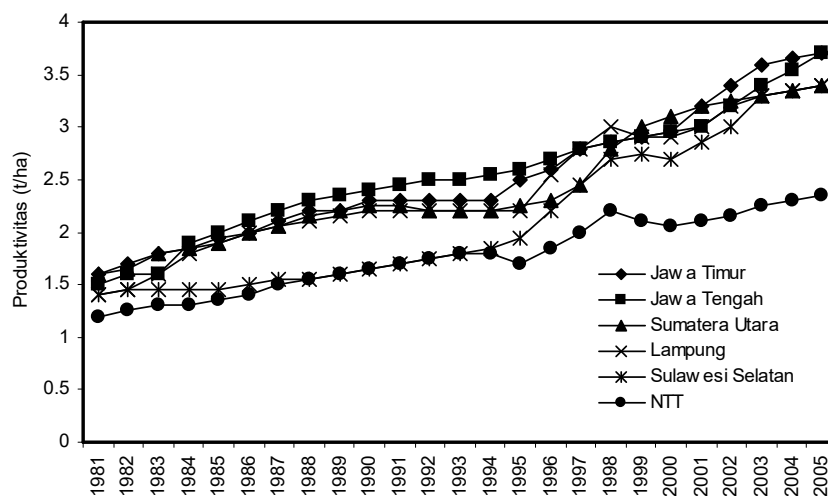
Propinsi utama penghasil jagung di Indonesia adalah Jawa Timur dengan pangsa produksi pada tahun 2005 sebesar 35%, diikuti oleh Jawa Tengah 17%, Lampung 11%, Sumatera Utara 6%, Sulawesi Selatan 6%, dan Nusa Tenggara Timur 5%. Pada tahun 1981 pangsa produksi jagung Jawa Timur adalah 43%, Jawa Tengah 22%, Sulawesi Selatan 11%, Nusa Tenggara Timur 6%, Lampung 2%, dan Sumatera Utara 1,0%. Dengan demikian telah terjadi pergeseran sentra produksi jagung Indonesia. Pergeseran ini didorong oleh perkembangan industri pakan yang terkonsentrasi di Jawa Barat, Jawa Timur, Lampung, dan Sumatera Utara.

Analisis lebih lanjut perkembangan produktivitas jagung di Indonesia disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 tercermin bahwa produktivitas jagung sebagai bahan pokok relatif mengalami stagnasi di sentra produksi. Di Madura misalnya, produktivitas jagung masih berkisar antara 1,0-1,5 t/ha. Hal ini terkait dengan prioritas penelitian lebih banyak mengarah kepada upaya menghasilkan teknologi produksi jagung untuk bahan baku industri.

Di Sulawesi Selatan yang sebagian penduduknya mengonsumsi jagung sebagai makanan pokok, produktivitas jagung juga relatif stagnan sampai



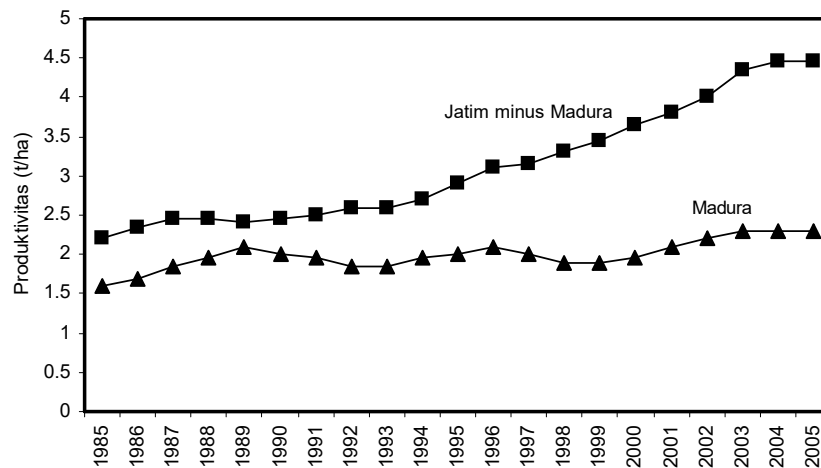
Gambar 1. Perkembangan ekonomi jagung Indonesia, 1960-2005
(Sumber: ERS/USDA/PSD 2007).



Gambar 2. Perkembangan produktivitas jagung di propinsi sentra produksi, 1980-2006
(Sumber: BPS dan Pusat Data Pertanian 1980-2006).

pertengahan 1990an. Di Sumatera Utara dan Lampung, produktivitas jagung meningkat relatif cepat. Pada tahun 2000 produktivitas jagung di Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Utara, Lampung, dan Sulawesi Selatan hampir sama, sedangkan di Nusa Tenggara Timur masih jauh ketinggalan. Peningkatan produktivitas jagung setelah pertengahan 1990an terutama didorong oleh semakin gencarnya promosi yang digelar oleh produsen benih jagung hibrida, seperti Charoen Pokphand dan Pioneer. Diperkirakan lebih dari 30% areal pertanaman jagung di sentra produksi ditanami dengan benih hibrida, bahkan di Lampung dan Sumatera Utara diperkirakan telah mencapai lebih dari 45% (Kasryno 2005).

Pada Gambar 3 disajikan perkembangan produktivitas jagung di Madura dan Jawa Timur tidak termasuk Madura. Di Madura sebagian besar (>90%) jagung yang dikembangkan untuk pangan adalah jenis lokal, sedangkan di Jawa Timur, selain Madura, telah didominasi (>70%) oleh varietas unggul bersari bebas dan hibrida. Data pada Gambar 3 juga mencerminkan bahwa jagung lokal untuk konsumsi pangan belum banyak mendapat sentuhan teknologi maju. Senjang produktivitas jagung lokal konsumsi dengan jagung bahan baku industri makin besar dengan meluasnya penyebaran jagung hibrida sejak awal tahun 1990an. Adanya sedikit kenaikan produktivitas jagung lokal dari 1,5 t menjadi sekitar 2,0 t/ha dalam dua dasawarsa ini antara lain disebabkan oleh imbas penggunaan pupuk. Ke depan, kondisi ini perlu mendapat perhatian karena sekitar 30% areal jagung di Jawa Timur berada di Madura, dan luas areal jagung di Madura sekitar 360.000 ha, lebih luas dibandingkan dengan di Sumatera Utara, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, dan Lampung. Pada Tabel 1 disajikan komposisi areal panen jagung menurut varietas di beberapa sentra produksi.



Gambar 3. Perkembangan produktivitas jagung lokal (Madura) dan Jawa Timur tanpa Madura (Sumber: BPS Jawa Timur 2007 dan Pusat Data Pertanian 2007).

Tabel 1. Areal panen jagung menurut varietas yang ditanam pada tahun 1998, 2001, dan 2006 di empat propinsi utama penghasil jagung di Indonesia.

Varietas/ musim tanam	Sumatera Utara (ha)			Lampung (ha)			Jawa Tengah (ha)			Jawa Timur (ha)		
	1998	2001	2006	1998	2001	2006	1998	2001	2006	1998	2001	2006
Hibrida												
MH	29.670	48.710	50.326	142.000	132.560	134.313	77.830	59.380	136.884	91.080	130.090	201.381
MK I	32.400	48.240	49.118	56.260	69.990	83.233	26.670	23.140	64.334	37.510	51.290	107.319
MK II	42.220	34.390	43.170	44.880	29.840	15.052	51.800	30.010	47.163	110.070	117.770	160.545
Total	106.290	131.340	142.614	243.130	232.390	231.598	243.130	112.530	248.381	238.670	301.150	469.245
Komposit												
MH	10.090	14.040	21.196	46.940	39.940	20.780	121.650	112.110	77.376	84.070	172.110	137.183
MK I	10.850	14.820	18.837	23.030	30.880	15.247	33.300	55.410	33.057	51.980	66.930	51.167
MK II	14.470	12.620	10.086	18.330	19.510	6.194	87.490	76.540	17.235	105.730	64.890	40.848
Total	35.410	41.480	50.119	88.290	90.330	42.221	242.440	244.060	127.668	241.780	302.930	229.198
Lokal												
MH	17.230	6.990	1.976	27.030	22.820	30.337	135.170	79.470	62.577	540.220	347.600	298.344
MK I	20.470	11.450	1.459	9.490	17.820	23.610	42.940	40.190	39.733	162.300	90.940	84.376
MK II	16.050	7.450	1.772	6.900	14.900	3.874	71.420	52.650	19.569	165.490	92.230	18.021
Total	53.750	25.890	5.207	43.420	55.540	57.821	271.420	172.320	121.879	868.010	530.770	400.741
Total Jagung												
MH	56.990	69.740	73.498	215.970	195.320	185.430	334.650	250.960	276.837	715.370	649.800	636.908
MK I	63.720	74.510	69.414	88.780	118.690	121.895	102.910	118.740	124.961	251.790	209.160	174.719
MK II	72.740	54.460	55.028	70.110	64.250	25.120	210.710	159.200	83.967	381.290	274.890	225.111
Total	193.450	198.710	197.940	374.860	378.260	332.445	648.270	528.900	497.928	1.348.450	1.133.850	1.099.184
Persentase Jagung hibrida	54,94	66,10	72,05	66,10	61,45	69,60	37,50	21,30	49,88	17,70/26,60/	26,60/39,68*	42,69/58,10*
Persentase Jagung komposit	18,30	20,87	25,33	23,55	23,88	12,70	37,40	46,15	26,30	17,93/31,86*	26,72/34,10*	22,70/31,42*

*) Jawa Timur minus Madura, di mana Madura 99,1% adalah jagung lokal, konsumsi.

Sumber: BPS (1999, 2002, 2007) Basis data survei pertanian 1998, 2001, dan 2006 (Diolah).

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa areal tanam jagung hibrida meningkat cukup berarti. Pada tahun 2006 pangsa penanaman jagung hibrida mencapai 50% di Jawa Tengah dan 58% di Jawa Timur di luar Madura. Peningkatan pangsa penanaman jagung hibrida mendorong penurunan pangsa jagung lokal dan pada kondisi tertentu juga jagung komposit. Secara nasional, pangsa penanaman jagung hibrida diperkirakan di atas 50% dengan rata-rata produktivitas 3,5 t pipilan kering/ha. Data ini konsisten dengan produktivitas jagung Thailand yang juga sekitar 3,5 t/ha dengan pangsa jagung hibrida 60% (Pingali 2001).

Menurunnya penyerapan varietas lokal antara lain disebabkan oleh penelitian terhadap varietas lokal belum mendapat prioritas, terutama di bidang pemuliaan tanaman jagung terkait dengan upaya peningkatan kemampuan genetik varietas lokal. Konsumsi jagung juga menurun, antara lain disebabkan oleh teknologi pascapanen primer maupun sekunder di tingkat petani belum mendapat perbaikan yang berarti. Jika diperhatikan data pada Gambar 2 dan 3, serta perkembangan jagung hibrida, maka peningkatan produktivitas jagung di Jawa Timur (tanpa Madura), Sumatera Utara, dan Lampung antara lain disebabkan oleh perkembangan adopsi varietas jagung hibrida yang cukup cepat. Hal ini merupakan dampak dari promosi dan penyuluhan yang diberikan oleh pengusaha benih jagung hibrida, adanya pola kemitraan antara petani dengan pengusaha jagung, dan cukup kompetitifnya harga jagung yang diterima petani. Perkembangan adopsi varietas hibrida terkait dengan makin pesatnya pertumbuhan industri peternakan yang didorong oleh perkembangan permintaan daging yang cukup cepat pula (*demand driven*). Apabila pertumbuhan produksi jagung dalam negeri tidak dapat mengimbangi permintaan maka volume impor jagung akan terus meningkat.

Di sisi lain terjadi penurunan pangsa penggunaan jagung unggul komposit. Hal ini antara lain disebabkan oleh teknologi yang tersedia masih kalah bersaing dengan teknologi jagung hibrida. Sebenarnya, teknologi jagung sudah banyak tersedia di lembaga penelitian, tetapi promosi jagung unggul komposit belum mampu mengimbangi promosi jagung hibrida yang dilakukan oleh produsen benihnya. Tantangan ini menuntut lembaga penelitian yang menangani jagung untuk memberikan prioritas yang lebih besar terhadap diseminasi dan promosi teknologi.

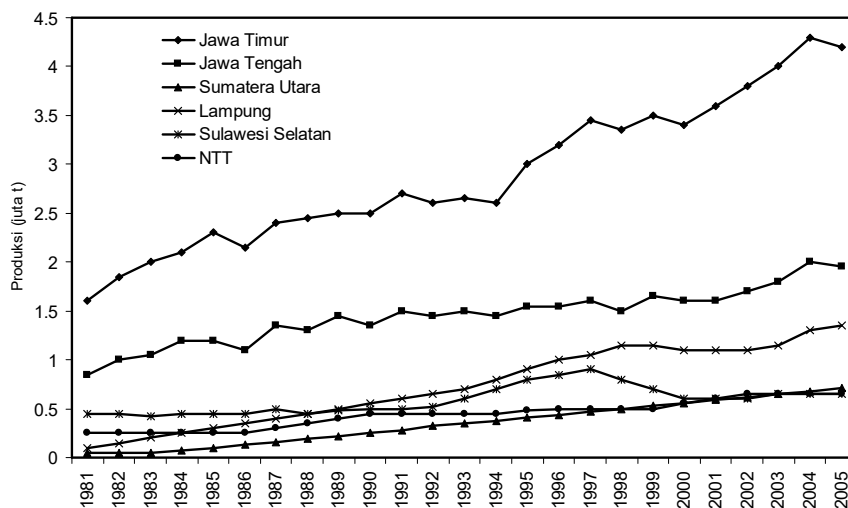
PERKEMBANGAN PRODUKSI JAGUNG

Di Indonesia, pertumbuhan produksi jagung lebih disebabkan oleh perkembangan permintaan (*demand driven*) untuk pakan ternak, sedangkan pertumbuhan produksi padi disebabkan oleh *supply driven* karena didorong oleh inovasi teknologi benih unggul.

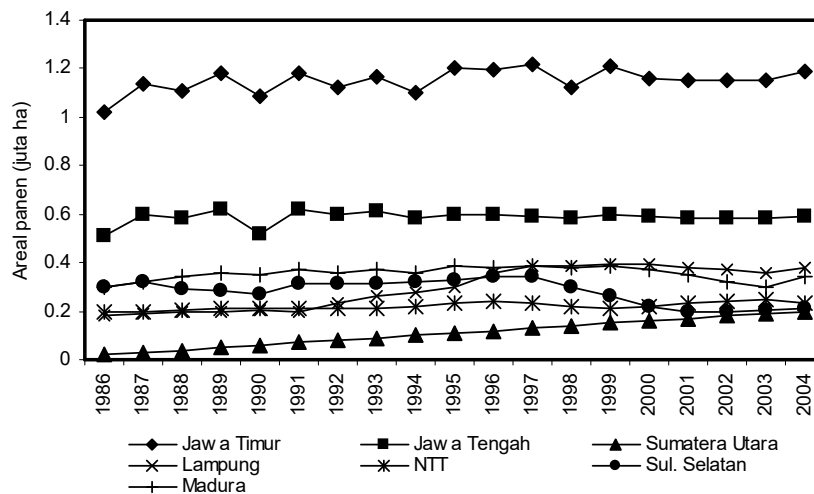
Dewasa ini telah terjadi perubahan sentra produksi jagung (Gambar 4). Kalau pada tahun 1980an sentra produksi jagung adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi Selatan, maka pada tahun 2005 telah bergeser menjadi Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, dan Sumatera Utara. Pada Gambar 5 disajikan perkembangan luas areal panen jagung selama periode 1980- 2004.

Data pada Gambar 5 mengindikasikan bahwa areal panen di sentra-sentra produksi jagung sudah sulit ditingkatkan. Perkembangan produksi selama ini hanya disebabkan oleh pesatnya perkembangan adopsi teknologi maju, terutama jagung hibrida. Di daerah pengembangan baru (Lampung dan Sumatera Utara) terjadi peningkatan areal tanam jagung yang cukup cepat, terutama dalam periode 1980-2000. Setelah tahun 2000 perluasan areal panen mulai melambat. Di Sulawesi Selatan sebagai sentra produksi jagung di Kawasan Timur Indonesia, luas areal tanam jagung cenderung menurun, yaitu dari sekitar 300.000 pada tahun 1980an menjadi 205.000 ha pada tahun 2004. Dengan demikian, fokus utama upaya peningkatan produksi jagung ke depan lebih dititikberatkan kepada peningkatan produktivitas dan efisiensi usahatani.

Peningkatan produksi jagung juga dapat diupayakan melalui perluasan areal tanam pada lahan sawah beririgasi sebagaimana terjadi di Jawa Timur dan Lampung (Kasryno 2005). Pada lahan sawah beririgasi, jagung kebanyakan ditanam pada musim tanam kedua dan ketiga setelah padi (Sumaryanto 2006).



Gambar 4. Perkembangan produksi jagung di propinsi penghasil utama jagung di Indonesia 1980-2006 (Sumber: BPS dan Pusat Data Pertanian).



Gambar 5. Perkembangan areal panen jagung di propinsi penghasil utama jagung di Indonesia 1980-2006 (Sumber: BPS, Pusat Data Pertanian 2007, dan Dinas Pertanian Jawa Timur).

Dalam Tabel 2 disajikan perkembangan areal panen jagung di beberapa propinsi sentra produksi menurut ekosistem dan musim tanam. Untuk daerah yang masih memungkinkan bagi perluasan areal tanam seperti di Sumatera, perluasan areal jagung dapat diarahkan ke lahan tegalan maupun lahan sawah setelah pertanaman padi. Sementara seperti di Sulawesi Selatan, perluasan areal jagung dapat diarahkan ke lahan sawah tadah hujan yang selama ini bera setelah padi.

POLA USAHATANI TANAMAN PANGAN

Di daerah aliran sungai (DAS) Brantas di Jawa Timur jagung juga ditanam pada lahan sawah beririgasi, di mana penanaman terluas (48%) pada MT III (Tabel 3).

Pada MT I areal tanam padi sawah di DAS Brantas mencapai 86,2% dari total areal, jagung 3,5%, dan tebu 3,7%. Pada MT II, areal tanam padi 65,7% dan jagung 11,3%. Pada MT III, areal tanam padi hanya 4,2% sedangkan areal tanam jagung meningkat menjadi 26,6%. Indeks pertanaman (IP) mencapai 262% dan IP padi 156% (Sumaryanto 2006). Adanya areal yang terpaksa diberakan disebabkan antara lain oleh genangan air yang terlalu dalam sehingga sulit ditanami, atau areal jauh dari saluran irigasi sehingga tidak mendapatkan air pada MT II maupun pada MT III. Petani yang menanam jagung hibrida dan sayuran pada MT II dan MT III banyak yang menggunakan air pompa untuk mengairi tanaman.

Tabel 2. Perkembangan areal panen jagung menurut ekosistem lahan dan mmusim tanam di beberapa sentra produksi jagung di Indonesia, 1990-2006.

Tahun/musim tanam	Sumatera Utara (ha)		Lampung (ha)		Jawa Tengah (ha)		Jawa Timur (ha)	
	Tegalan	Sawah	Tegalan	Sawah	Tegalan	Sawah	Tegalan	Sawah
1990								
MH	31.100	2.100	109.500	800	234.000	67.070	624.650	80.200
MK I	27.500	4.500	62.400	6.400	89.800	51.700	189.500	129.950
MK II	18.800	1.700	30.700	9.400	81.200	135.100	39.500	160.500
Total	77.400	8.300	202.600	16.66	395.000	253.900	853.650	290.650
1995								
MH	65.300	2.900	187.400	5.600	271.900	88.200	647.100	65.900
MK I	41.900	1.900	98.100	20.500	101.100	42.800	194.300	124.950
MK II	51.900	1.900	32.700	19.300	69.700	107.400	39.100	193.200
Total	158.100	6.700	318.200	45.400	442.700	238.400	880.500	318.150
2001								
MH	68.100	1.680	189.590	5.720	216.390	34.600	619.360	30.440
MK I	69.500	5.020	91.840	26.840	83.460	35.300	142.000	55.960
MK II	43.000	11.500	40.840	23.520	66.390	92.800	90.760	184.100
Total	180.200	18.200	322.270	55.980	366.240	162.700	852.120	283.700
2006								
MH	66.178	7.333	179.254	6.176	235.052	41.785	605.632	31.276
MK I	63.610	7.372	107.944	14.146	107.469	29.655	170.864	71.998
MK II	50.950	4.703	14.350	10.740	22.118	61.849	20.811	198.603
Total	180.738	19.408	301.548	31.062	364.639	133.289	797.307	301.877

Sumber: BPS (1990, 1995, 2001, dan 2006)
Basis data survei pertanian 1990-2006 (diolah).

Tabel 3. Pola tanam dominan di lahan beririgasi DAS Brantas, Jawa Timur, 1999/2000.

Pola tanam	Jumlah petak		Luas areal	
	Jumlah	%	ha	%
Padi-padi-kedelai	203	19,9	43,6	19,8
Padi-padi-diberakan	212	20,8	37,0	16,9
Padi-padi-jagung	125	12,2	28,1	12,8
Padi-jagung-jagung	43	4,2	13,2	6,0
Padi-padi-kacang hijau	76	7,4	12,4	5,6
Padi-tembakau	54	5,3	10,2	4,6
Padi-padi-padi,	44	4,3	9,3	4,2
Padi-bengkoang-jagung	30	2,9	6,7	3,1
Tebu	8	0,8	6,4	2,9
Padi-padi-blewah	13	1,3	5,4	2,5
Lainnya(74 tipe kecil)	213	20,8	47,3	21,5
Total	1021	100,0	219,6	100,0

Sumber: Sumaryanto *et al.* (2001), IFPRI dan CASERD, Kimpraswil-Jasa Tirta.

Tabel 4. Penerimaan petani jagung dan padi pada berbagai musim tanam di DAS Brantas, 1999/2000.

Keterangan	Penerimaan (Rp '000/ha)			
	MT I	MT II	MT III	Rata-rata
Padi				
Penerimaan	5.209,0	5.230,3	4.822,7	5.087,3
Biaya produksi tunai	2.943,8	3.030,9	2.691,3	2.888,7
Pendapatan	2.265,2	2.199,3	2.131,4	2.198,6
Jagung				
Penerimaan	4.023,0	4.519,2	4.333,9	4.431,9
Biaya produksi tunai	2.195,2	2.334,8	2.199,5	2.316,0
Pendapatan atas biaya tunai	1.827,8	2.184,4	2.133,9	2.115,9

Sumber: Sumaryanto (2006).

Dalam Tabel 4 disajikan simulasi pola tanam optimal yang didasarkan atas ketersediaan irigasi, curah hujan, perkolasi tanah, penguapan, kebutuhan air pertanaman, dan air hujan yang hilang karena *run off*. Pertimbangan juga memasukkan aspek ekonomi komoditas. Berdasarkan simulasi tersebut terlihat bahwa intensitas tanam padi adalah 148%, intensitas tanam palawija dan hortikultura 106%, dan tebu 22% karena setiap musim terdapat 7,2% areal baku sawah yang ditanami tebu dan 23,1% areal sawah diberakan pada MT III. Pertanaman palawija didominasi oleh jagung, kedelai, dan kacang hijau. Luas penanaman padi pada MT III hanya 3,8%.

Dengan simulasi ini terlihat adanya penurunan intensitas tanam padi dari 156% menjadi 148%, areal penanaman tebu meningkat dari 6,5% menjadi 7,2% setiap musim atau dari areal baku sawah irigasi. Namun, areal yang diberakan meningkat dari 16,9% menjadi 23,1%. Di sisi lain, intensitas tanam palawija dan hortikultura meningkat dari 75% menjadi 107%. Hal ini sebenarnya telah terjadi di Kabupaten Kediri, Blitar, dan Nganjuk, di mana areal panen jagung meningkat dalam lima tahun terakhir, sedangkan areal panen padi menurun (Kasryno 2005).

Penerimaan petani yang menanam jagung dan padi pada setiap musim tanam disajikan dalam Tabel 5. Data ini merupakan hasil penelitian intensif yang dilakukan di DAS Brantas selama tahun 1999/2000. Pengumpulan data dilakukan untuk setiap petak lahan yang diusahakan petani. Untuk lebih menggambarkan keadaan DAS Brantas, lokasi petani contoh dibagi menurut hulu, tengah, dan hilir. Perbedaan lokasi menyebabkan perbedaan dalam penyediaan air irigasi.

Penanaman jagung mulai meluas ke lahan sawah beririgasi dan lahan dengan ekosistem basah (Lampung dan Sumatera Utara). Perubahan ini disebabkan oleh “Revolusi Hijau” yang memerlukan pemupukan dengan takaran yang tinggi, di mana pemupukan akan menjadi efektif apabila kelembaban tanah memadai. Penanaman jagung di lahan sawah beririgasi terutama didominasi oleh jagung hibrida, sedangkan jenis lokal biasanya ditanam di lahan kering.

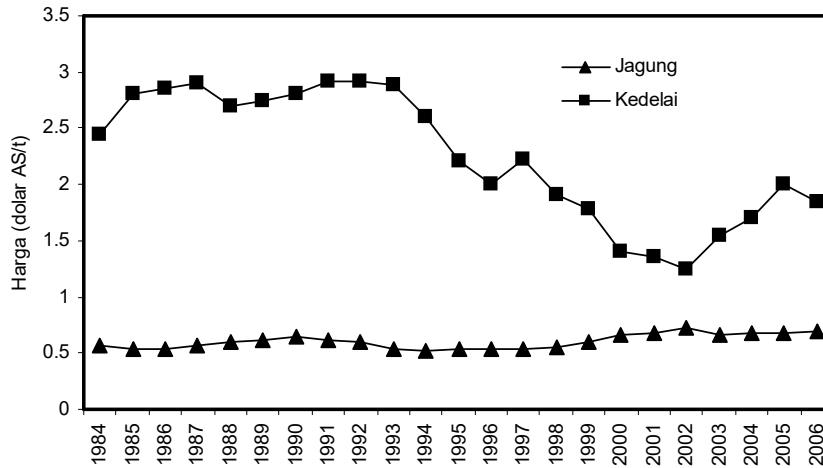
Pendapatan petani padi dan petani jagung relatif berimbang. Akan tetapi, apabila dipilah menurut varietas unggul komposit dan hibrida akan berbeda. Rata-rata hasil jagung hibrida adalah 6,05 t/ha dan jagung nonhibrida 4,8 t/ha. Biaya produksi jagung hibrida lebih tinggi, tetapi keuntungan bersih lebih besar (Sumaryanto 2006). Peningkatan luas panen jagung di Kediri, Blitar, dan Nganjuk (Kasryno 2005) adalah karena areal tanam jagung hibrida lebih dominan (>70%) di tiga kabupaten ini. Di samping itu, harga relatif jagung terhadap padi juga meningkat.

PERKEMBANGAN HARGA JAGUNG

Permintaan jagung untuk industri, terutama industri pakan, telah mendorong peningkatan harga jagung di dalam negeri maupun di pasar internasional. Harga jagung di pasar dunia pada tahun 2004 adalah 111,8 dolar AS/ton, turun menjadi 98,7 dolar AS pada tahun 2005, naik menjadi 121,9 dolar AS pada tahun 2006 dan mencapai 160,9 dolar AS pada periode Januari-Agustus 2007. Harga jagung diperkirakan akan terus meningkat karena meningkatnya permintaan untuk industri etanol sebagai bahan bakar nabati (BBN).

Tabel 5. Simulasi pola tanam optimal di DAS Brantas Jawa Timur.

Musim	Grup komoditas	Periode (Bulan)												DAS Hulu		DAS Tengah		DAS Hilir		Agregat	
		Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Musim hujan (MTI)	Padi 1.													1.953	15,9	4.210	14,6	3.578	13,1	9.472	14,2
	Padi 2.													5.865	47,6	13.672	47,3	13.243	48,4	32.779	47,8
	Padi 3.													-	-	5.327	18,4	2.087	7,6	7.414	10,8
	Padi 4.													2.564	20,8	715	2,5	4.158	15,2	7.437	10,8
	Total padi													10.382	84,3	23.924	82,8	23.066	84,3	57.372	83,6
Musim kemarau (MTII)	Padihort. 1.													561	4,7	1.914	6,6	1.384	5,1	3.879	5,7
	Padihort. 2.													145	1,2	-	-	-	-	145	0,2
	Padihort. 3.													414	3,4	1.072	3,7	733	2,7	2.220	3,2
	Total padihort.													1.141	9,3	2.986	10,3	2.117	7,8	6.244	9,1
	Padi 1.													2.949	23,9	7.196	24,9	5.696	20,8	15.840	23,1
Musim kemarau MTII	Padihort. 2.													3.629	29,5	9.493	32,8	10.379	37,9	23.500	34,3
	Padihort. 3.													902	7,3	961	3,3	961	2,1	2.443	3,6
	Total padihort.													7.479	60,7	17.649	61,6	16.656	60,9	41.784	60,9
	Padihort. 1.2													-	-	743	2,6	-	-	743	1,1
	Padihort. 1.3													-	-	4.367	15,1	1.172	4,3	5.538	8,1
Total seluruh	Padihort. 1.4.													2.543	20,6	715	2,5	4.158	15,2	7.416	10,8
	Padihort. 2.2													1.405	11,4	3.436	11,9	2.863	10,5	7.705	11,2
	Padihort. 2.3													-	-	-	-	334	1,2	334	0,5
	Padihort. 2.4													95	0,8	-	-	-	-	95	0,1
	Total padihort.													4.043	32,8	9.261	32,0	8.528	31,2	21.832	31,8
Musim kemarau MTI I	Padi 1.													473	3,8	1.101	3,8	-	-	1.573	2,3
	Padi 4.													473	3,8	1.117	0,1	1.034	3,8	1.050	1,5
	Total padihort.													3.862	31,5	8.006	27,7	4.014	14,7	15.902	23,2
	Padihort. 1.1													-	-	3.754	13,0	4.296	15,7	8.050	11,7
	Padihort. 1.2													1.340	10,9	689	2,4	3.124	11,4	5.163	7,5
Total seluruh	Padihort. 2.1													-	-	1.525	5,3	4.545	16,6	6.070	8,9
	Padihort. 2.3													1.450	11,8	-	-	-	-	1.450	2,1
	Padihort. 2.4													1.369	1,1	5.327	18,4	1.856	6,8	8.554	12,5
	Total padihort.													8.041	65,3	19.311	66,8	17.837	65,2	45.189	65,9
	T e b u													798	6,5	1.994	6,9	2.179	8,0	4.971	7,2
Total komoditas																					

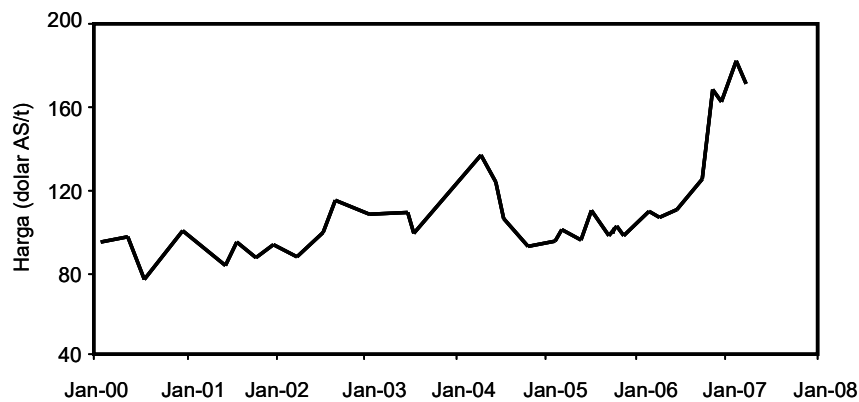


Gambar 6. Perkembangan harga relatif jagung dan kedelai terhadap harga beras.
(Sumber: BPS Statistik Indonesia 1984-2006).

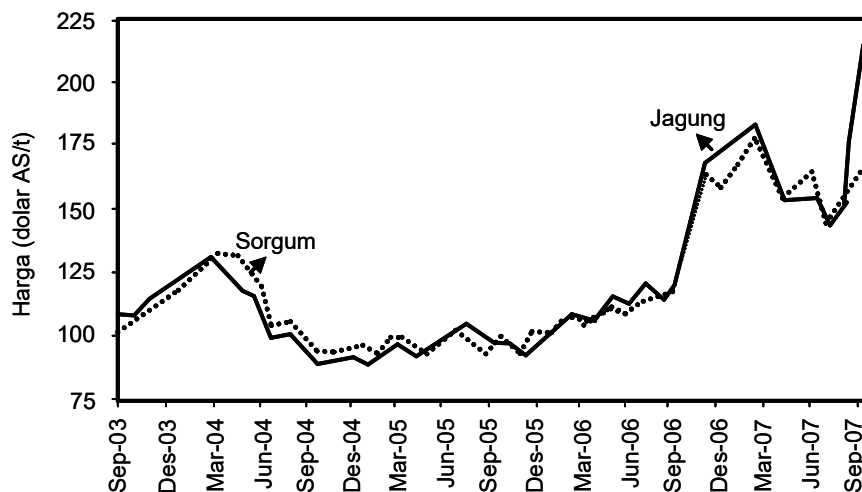
Kenaikan harga terkait dengan meningkatnya harga minyak bumi yang sudah mendekati 100 dolar AS/barel. Dalam Gambar 6 disajikan perkembangan harga relatif jagung dan kedelai. Penurunan harga kedelai sejak 1993 disebabkan oleh deregulasi perdagangan dan harga kedelai pada tahun 1993.

Pada Gambar 6 terlihat pula bahwa harga jagung mulai meningkat setelah tahun 2000, sejalan dengan peningkatan harga jagung di pasar dunia yang dipacu oleh peningkatan permintaan jagung sebagai bahan baku untuk industri bahan bakar nonmigas/nabati.

Pada Gambar 7 dan 8 disajikan perkembangan harga jagung di pasar dunia dalam periode 2003-2007, terlihat jelas kenaikan harga jagung yang tajam sejak 2005. Harga perdagangan internasional jagung pada bulan Juni 2007 mencapai 165,2 dolar AS/ton dan turun menjadi 151,2 dolar AS/ton pada bulan Agustus 2007 (World Bank 2007b). Berdasar perkiraan yang disimulasikan oleh IFPRI (2006) dengan berbagai skenario pertumbuhan *biofuel*, harga jagung diperkirakan dapat meningkat 20-41% pada tahun 2010 dan 2020, dibandingkan dengan harga pada tahun 2007. Kenaikan harga jagung akan mempengaruhi ketahanan pangan dan industri pakan, dan tentunya juga mempengaruhi pendapatan petani.



Gambar 7. Perkembangan harga jagung di pasar dunia, 2000-2007
(Sumber: World Bank 2007c)



Gambar 8. Perkembangan harga jagung ekspor Amerika Serikat, 2003-2007.
(Sumber: USDA/ERS/FAS/ 2007).

PERUBAHAN STRUKTUR PERMINTAAN JAGUNG

Sebelum tahun 1980an jagung dikenal sebagai komoditas pangan utama setelah beras, karena merupakan makanan pokok sebagian penduduk Indonesia seperti di Madura, beberapa kabupaten lainnya di Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan beberapa kabupaten di Sulawesi. Dengan berkembangnya industri peternakan maka terjadi perubahan pola konsumsi jagung di Indonesia.

Berdasarkan perkiraan USDA (PSD 2006), konsumsi jagung untuk pakan pada tahun 1982 baru mencapai 867.000 ton (19% dari total produksi jagung dalam negeri). Angka ini meningkat menjadi 3,27 juta ton pada tahun 1998 (42,1% dari total produksi) dan 3,75 juta ton (51% dari total produksi) pada tahun 2004. Pada tahun 2004 konsumsi jagung sebagai pangan diperkirakan hanya sekitar 3,0 juta ton (42% dari total produksi). Indonesia selalu menjadi *net importer* jagung sejak 1992, kecuali pada saat krisis ekonomi 1997/98, Indonesia kembali menjadi *net exporter* karena merosotnya penggunaan jagung untuk pakan. Impor jagung Indonesia pada tahun 2006/07 mencapai 1,9 juta ton (Food Outlook 2007).

Dengan tingkat konsumsi daging yang masih rendah, peningkatan pendapatan dan urbanisasi akan mengubah pola konsumsi penduduk ke komoditas peternakan (ADB 2006). Peningkatan konsumsi produk peternakan akan memacu permintaan jagung untuk pakan ternak. Di samping itu, permintaan jagung untuk industri pangan olahan juga akan meningkat. Dengan perubahan ini maka jagung bukan lagi sebagai komoditas pangan pokok, tapi telah berubah menjadi bahan baku industri. Hal ini memerlukan penyesuaian dalam pengembangan jagung di masa depan.

Tingkat konsumsi daging di Indonesia pada tahun 2005 hanya 3,0 kg/kapita daging ayam ras, sedangkan di Malaysia telah mencapai 38,1 kg/kapita, dan Thailand 11,9 kg/kapita/tahun (FAS/ERS/USDA 2007).

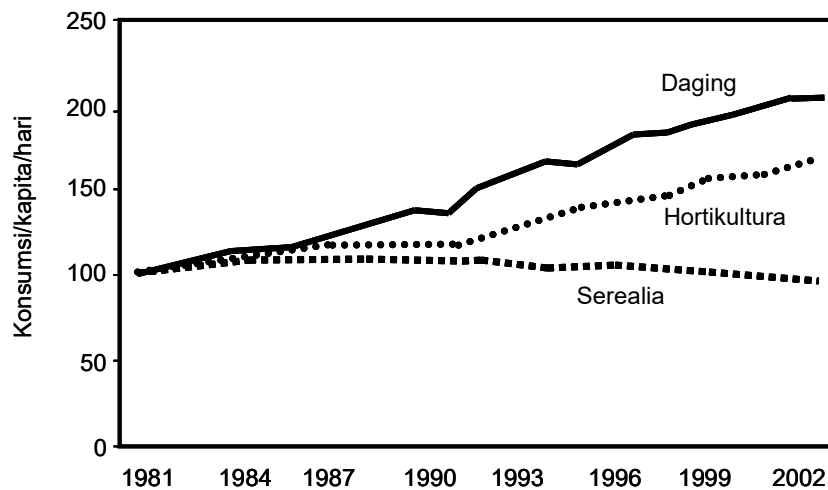
Sebagai indikator daya beli, pengeluaran/kapita/bulan penduduk pada tahun 2005 berdasarkan harga konstan 1993 adalah 90,2 dolar AS di Indonesia, 154,5 dolar AS di Thailand, dan 382,9 dolar AS di Malaysia. Dengan meningkatnya pendapatan maka tingkat konsumsi daging dan produk hortikultura juga akan meningkat. Peningkatan konsumsi produk peternakan akan mencapai di atas 5% per tahun dan ini akan menyebabkan permintaan jagung untuk pakan akan meningkat di atas 4% per tahun. Selama ini peningkatan produksi jagung hanya sekitar 3% per tahun. Oleh karena itu, impor jagung akan terus berlanjut, sebagaimana diperkirakan oleh FAO (2007) dan ERS/USDA (2007). Pendapatan nasional per kapita pada tahun 2006 adalah 1.420 dolar AS di Indonesia, 2.990 dolar AS di Thailand, dan 5.490 dolar AS di Malaysia. Paritas daya beli pendapatan nasional (PPP GNI) pada tahun 2006 adalah 3.950 dolar AS di Indonesia, 9.140 dolar AS di Thailand, dan 11.300 dolar AS di Malaysia (World Bank 2007). Tingkat pendapatan dan urbanisasi juga akan mempengaruhi pola konsumsi rumah tangga.

Dalam Tabel 6 disajikan perubahan pola konsumsi penduduk Indonesia selama dua dasawarsa yang lalu. Data ini konsisten dengan data yang disajikan dalam Gambar 9, di mana konsumsi beras sudah mulai menurun,

Tabel 6. Perubahan konsumsi bahan makanan di Indonesia, 1984-2002.

Bahan makanan	Konsumsi (kg/kapita/tahun)						
	1984	1987	1990	1993	1996	1999	2002
Beras	106,6	116,5	118,1	116,0	111,2	103,5	100,0
Jagung	19,8	11,0	9,0	7,3	11,4	13,4	12,5
Umbi-umbian	24,0	24,0	22,4	20,0	11,5	12,8	11,6
Ikan	12,1	12,5	14,2	15,1	15,3	12,9	15,4
Daging sapi	0,5	0,5	1,04	1,04	0,80	0,52	0,53
Daging ayam	1,04	1,87	1,92	2,28	3,54	1,72	3,28
Telur	1,56	2,60	2,60	3,12	4,58	3,12	4,94
Minyak makan	3,75	5,00	5,83	6,66	7,12	6,95	8,20
Gula	8,40	9,10	9,50	9,52	10,02	9,20	10,30

Sumber: BPS, Susenas (1990, 1993, 1996, dan 2002).



Gambar 9. Perkembangan pola konsumsi negara berkembang (Sumber: World Development Report 2008).

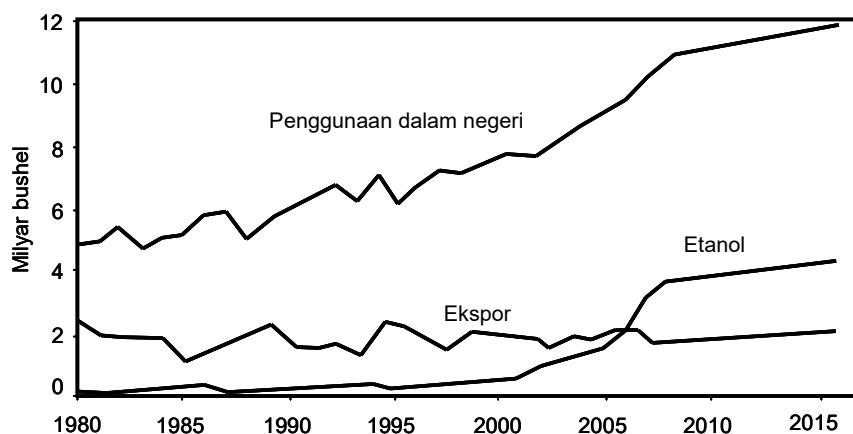
sedangkan konsumsi daging, telur, dan ikan meningkat. Pengeluaran penduduk Indonesia untuk beras dan sereal lainnya rata-rata 20% dari total pengeluaran. Angka yang sama juga dikeluarkan untuk daging, buah-buahan, dan sayuran, dibandingkan dengan tahun 1980, adalah 39% pengeluaran untuk pangan pokok beras dan sereal (World Bank 2007a). Perubahan pola konsumsi produk peternakan yang cepat ini merupakan salah satu indikasi telah terjadinya revolusi di bidang peternakan (Delgado *et al.* 1999).

Data dalam Tabel 6 juga memperlihatkan total konsumsi jagung sebagai makanan pokok menurun dan konsumsi daging ayam meningkat dengan cepat. Untuk memproduksi 1 kg daging ayam diperlukan sekitar 3 kg jagung. Angka ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi jagung dihela oleh meningkatnya konsumsi produk peternakan, sedangkan konsumsi jagung sebagai makanan pokok menurun.

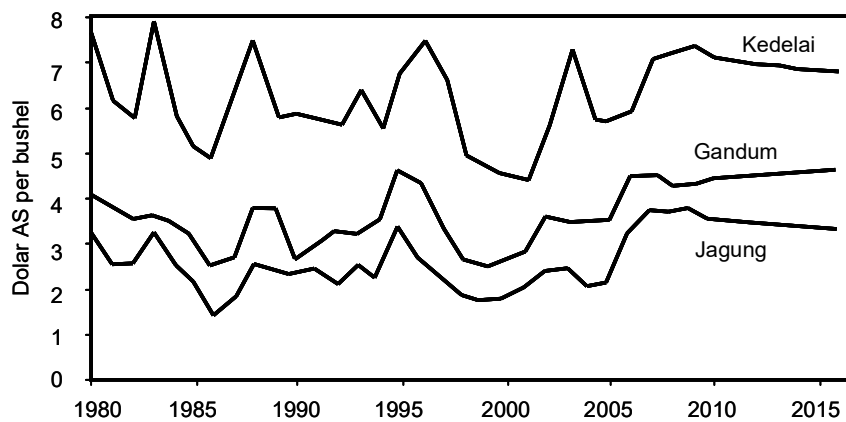
Di samping ayam ras, komoditas peternakan yang juga memerlukan pakan dengan bahan baku jagung adalah sapi perah. Pada tahun 2005 konsumsi susu bubuk mencapai 196.000 MT, sekitar 167.000 MT di antaranya diimpor. Konsumsi susu bubuk meningkat dengan laju 5% per tahun. Keinginan untuk meningkatkan pangsa produksi susu dalam negeri juga akan mendorong permintaan jagung dalam negeri.

Faktor lainnya yang juga akan mempengaruhi pasar jagung internasional adalah peningkatan konsumsi etanol untuk bahan bakar kendaraan bermotor, meningkatnya harga minyak bumi dalam lima tahun terakhir. Di Amerika Serikat dan Brazil, jagung juga digunakan sebagai bahan baku etanol (ERS/USDA 2007).

Data pada Gambar 10 menunjukkan adanya peningkatan penggunaan jagung untuk industri etanol di Amerika Serikat. Hal ini akan mempengaruhi harga jagung di pasar dunia seperti terlihat pada Gambar 11. Tren harga jagung didasarkan atas perkiraan harga minyak bumi tidak lebih dari 85 dolar AS/barel pada tahun 2016. Apabila harga minyak bumi di atas 80 dolar AS/barel, maka harga jagung juga akan berubah. Harga minyak bumi pada Nopember 2007 sudah mencapai 96 dolar AS/barel. Peningkatan produksi



Gambar 10. Perkembangan dan perkiraan permintaan jagung Amerika Serikat, 1980-2015 (Sumber: ERS/USDA: Agricultural Projections to 2016, February 2007).



Gambar 11. Perkiraan harga jagung, gandum, dan kedelai Amerika Serikat, 1980-2015
(Sumber: ERS/USDA: Agricultural Projections to 2016. February 2007).

etanol di Amerika Serikat di samping didorong oleh peningkatan harga minyak bumi, juga mendapatkan insentif dari pemerintah. Bantuan pemerintah Amerika Serikat untuk produksi etanol diperkirakan 0,38-0,49 dolar AS/barel setara minyak bumi. Peningkatan harga jagung di pasar dunia sebesar 23% pada tahun 2006 dan bahkan 60% pada tahun 2005 adalah akibat peningkatan penggunaan jagung untuk industri etanol (World Bank 2007c).

Untuk memproduksi 100 liter etanol (bahan bakar kendaraan bermotor) diperlukan 240 kg jagung, setara dengan konsumsi pangan seorang penduduk/tahun. Dengan demikian kompetisi permintaan jagung untuk pangan dan bahan bakar akan makin meningkat. Di Amerika Serikat pada tahun 2006/07, sekitar 20% produksi jagung digunakan untuk etanol yang hanya mampu mensubstitusi 3% kebutuhan bahan bakar minyak di negara ini. Di Indonesia, penggunaan jagung untuk *biofuel* sebaiknya dihindari, dan diganti dengan komoditas lainnya seperti jarak pagar (World Bank 2007b). Hal yang sama juga terjadi pada minyak makan, akibat naiknya harga minyak kelapa sawit di pasar dunia karena sebagian digunakan untuk biodiesel di Eropa dan beberapa negara lainnya.

Penelitian menunjukkan bahwa pengembangan areal kelapa sawit dengan mengkonversi hutan dan lahan rawa akan menghilangkan fungsi hutan sebagai pengendali emisi gas rumah kaca (GRK) untuk beberapa lama. Dengan demikian, perluasan perkebunan kelapa sawit untuk produksi biodiesel kurang tepat dan berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan (World Bank 2007a).

IMPLIKASI BAGI PENELITIAN JAGUNG

Diperkirakan saat ini penyebaran jagung hibrida di Indonesia sudah mendekati 40% dari total areal jagung. Penyebaran jagung lokal untuk makanan pokok masih sekitar 25% dari areal tanam jagung. Di Madura, lebih dari 90% areal tanam jagung menggunakan varietas lokal, demikian juga di Nusa Tenggara Timur. Produktivitas jagung lokal 1,5 t/ha, sedangkan jagung hibrida 6,0 t/ha. Ketimpangan produktivitas ini disebabkan karena belum adanya terobosan teknologi jagung lokal untuk konsumsi pangan (Kasryno 2005).

Prioritas penelitian lembaga penelitian publik hendaknya lebih difokuskan kepada upaya peningkatan produktivitas jagung bersari bebas untuk konsumsi penduduk. Penelitian jagung hibrida dapat diserahkan kepada lembaga penelitian swasta. Walaupun penelitian jagung hibrida, perlu diarahkan pada target pengembangan tertentu yang belum ditangani swasta, misalnya sesuai daerah kering, berkualitas baik, dan sebagainya.

Lembaga penelitian publik hendaknya melakukan penelitian secara komprehensif, mencakup perbenihan, budi daya, panen, dan pengolahan hasil untuk meningkatkan efisiensi produksi, dan penelitian biokimia jagung.

Dengan berkembangnya permintaan jagung untuk industri pakan, lembaga penelitian publik perlu merintis penelitian substitusi jagung untuk pakan dengan komoditas pertanian lainnya, atau limbah pengolahan hasil pertanian, seperti limbah pengolahan kelapa sawit, kakao, dan kopi. Perlu pula adanya penelitian perbaikan genetik ayam kampung agar tidak memerlukan pakan konsentrat, sehingga permintaan jagung untuk industri pakan bisa dikurangi.

Penelitian hendaknya lebih berorientasi pada pemecahan masalah yang dihadapi petani di lapangan (*demand driven*) dan lebih banyak pula melakukan penelitian bersama petani (*joint innovation*). Pada dasarnya petani lebih tekun melakukan pengamatan terhadap pertanamannya karena menyangkut hidup mereka. Oleh karena itu, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) yang ada di setiap provinsi dituntut kemampuannya memahami kondisi pertanian di daerahnya, tidak sebagai pelaksana penelitian tetapi sebagai mitra balai penelitian komoditas dalam mengkaji dan mengembangkan teknologi.

Paradigma penelitian yang dalam era revolusi hijau adalah *supply driven*, sudah berlalu, lingkungan strategis telah berubah, maka paradigma penelitian juga harus berubah mengarah *demand driven*. Tanpa perubahan paradigma penelitian, lembaga penelitian publik menjadi kurang bermanfaat bagi petani. Petani senantiasa membutuhkan teknologi, apalagi di daerah tertinggal.

KESIMPULAN

1. Telah terjadi perubahan yang sangat mendasar pada ekonomi jagung Indonesia, dari yang semula sebagai bahan pangan pokok setelah padi dan komoditas lahan kering menjadi komoditas bahan baku industri dan komoditas lahan beririgasi atau lahan basah. Perubahan ini membawa berbagai implikasi dalam pengembangan jagung di masa depan. Di samping itu juga terjadi segmentasi dari komoditas jagung, jagung untuk bahan baku industri memiliki persyaratan tertentu yang berbeda dengan jagung untuk konsumsi pangan. Semua perubahan ini mempunyai implikasi tersendiri bagi kebijakan pengembangan jagung.
2. Revolusi hijau pada jagung didorong oleh perubahan pola permintaan (*demand driven*) dan tumbuhnya kemitraan antara petani dan swasta, sedangkan revolusi hijau pada padi sawah adalah karena adanya terobosan teknologi budi daya (*supply driven*). Industri peternakan dan industri benih memegang peranan penting dalam pengembangan jagung, sedangkan pada komoditas beras peran pemerintah sangat menonjol.
3. Sistem usahatani jagung sudah memasuki sistem industrial, di mana sekitar 60% kebutuhan jagung digunakan untuk industri pakan dan makanan, dan sekitar 60% dari total biaya tunai usahatani jagung digunakan untuk pembelian sarana produksi dan sewa alat pertanian. Akan tetapi, usahatani jagung masih tetap dikelola oleh petani kecil.
4. Perubahan ekosistem jagung ke lahan sawah beririgasi merupakan titik awal perubahan pola usahatani pada lahan beririgasi. Di beberapa daerah telah terjadi pula peningkatan penggunaan lahan sawah beririgasi untuk usahatani komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi seperti sayuran dan buah-buahan.
5. Perubahan ini menghendaki perubahan teknologi irigasi dan drainase lahan sawah beririgasi, karena pengairan sawah konvensional hanya dirancang untuk usahatani padi.
6. Dengan berubahnya ekonomi jagung maka fokus lembaga penelitian publik adalah menangani jagung untuk konsumsi rumah tangga. Penelitian jagung hibrida untuk bahan baku industri lebih baik menjadi tugas lembaga penelitian swasta yang selama ini telah berperan dalam pengembangan jagung hibrida. Sampai saat ini, varietas jagung hibrida yang ditanam petani hampir seluruhnya dihasilkan oleh lembaga penelitian swasta. Lembaga penelitian publik dapat melakukan penelitian jagung unggul bersari bebas untuk mengimbangi varietas jagung hibrida swasta. Dengan demikian akan ada berbagai pilihan teknologi yang akan diadopsi petani.

7. Di sentra utama produksi jagung (Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, dan Sumatera Utara), pangsa areal tanam jagung hibrida sudah di atas 50% dan cenderung meningkat. Peningkatan ini antara lain dengan mengganti jagung lokal dan atau jagung komposit dengan jagung hibrida, karena memiliki keunggulan komparatif. Produktivitas jagung nasional 3,5 t pipilan kering/ha, diperkirakan pangsa areal jagung hibrida sekitar 50%. Data ini konsisten dengan produktivitas jagung Thailand yang juga sekitar 3,5 t/ha dengan pangsa jagung hibrida 60%.
8. Lembaga penelitian publik bukan hanya sebatas menghasilkan varietas unggul, tetapi juga harus aktif mempromosikan teknologi dan varietas unggul yang dihasilkan. Ini dapat dilakukan dengan membina petani dalam pengembangan dan penangkaran benih unggul. Promosi ini dapat dilakukan oleh BPTP bekerjasama dengan petani. Tanpa aktif mempromosikan dan memasarkan varietas unggul, maka adopsi teknologi akan berjalan lambat dan benih unggul tetap tersimpan di lembaga penelitian. Kebijakan ini telah dijalankan oleh industri benih swasta.
9. Bagi lembaga penelitian publik, promosi dan penyebaran benih unggul akan membantu dalam menjaring umpan balik mengenai varietas unggul yang dihasilkan dan mendapatkan informasi tentang kebutuhan teknologi petani (*demand driven*).
10. Fokus lembaga penelitian publik dalam menghasilkan teknologi budi daya jagung juga perlu diarahkan pada ekosistem lahan kering di Kawasan Timur Indonesia, yang selama ini belum banyak mendapat sentuhan teknologi.
11. Laju pertumbuhan produksi jagung selama ini sekitar 3% per tahun, sementara laju permintaan jagung untuk industri pakan sekitar 5% per tahun, maka Indonesia akan tetap mengimpor jagung sebesar 1,2-2,0 MT per tahun. Harga jagung di pasar dunia cenderung meningkat. Peningkatan ini akan meningkatkan keunggulan kompetitif dan komparatif usahatani jagung, sehingga penanaman jagung di lahan sawah beririgasi cenderung naik, terutama pada MT II dan MT III (MK I dan MK II).
12. Belajar dari pengalaman pengembangan jagung di Indonesia selama ini maka fokus kebijakan pemerintah adalah: (a) penelitian dan pengembangan secara komprehensif seluruh aspek budi daya dan pascapanen, pengolahan hasil, pemasaran, dan promosi pasar (*technological capital*); (b) pengembangan sumber daya manusia petani melalui Sekolah Lapang Petani (*human capital*) dan sekaligus melibatkan petani dalam inovasi (*joint innovation*); (c) pengembangan kelembagaan (*social capital*) petani sebagai kegiatan lanjutan Sekolah Lapang Petani; (d) investasi prasarana irigasi dan drainase yang lebih fleksibel (*physical capital*); dan (e) investasi prasarana ekonomi dan pedesaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aquino, P., F. Currión, and R. Calvo. 1999. Selected maize statistics. In *World Maize Facts and Trends 1997 per 1998*. CIMMYT, Mexico.
- BPS. 1969-1971, 1979-1981, 1989-1991, 1998-2006. *Produksi padi dan palawija di Jawa dan Indonesia*. BPS. Jakarta.
- BPS. 1999. 2003. *Survei sosial ekonomi nasional 1990, 1999, dan 2002*. (Data Base). BPS Jakarta.
- BPS. 2000, 2003, dan 2005. *Luas lahan pertanian menurut penggunaannya di Indonesia* BPS, Jakarta.
- Chainuvati, C. 1997. *Seed extension in Thailand*. Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperative of Thailand. Bangkok.
- Delgado, C., M.W. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui, and C. Courbois. 1999. *Live-stocks to 2020. The next food revolution*. IFPRI, Washington D.C.
- Direktorat Jenderal Peternakan. 1998-2004. *Statistik Peternakan Indonesia 1998-2004*. Dit. Peternakan. Jakarta.
- Erwidodo dan Ning Pribadi. 2002. *Produksi dan permintaan jagung di Indonesia: perkembangan dan proyeksi*. Badan Ketahanan Pangan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Falvey, L. 2000. *Thai agriculture: golden cradle of millenia*. Kasetsart Uni. Press. Bangkok.
- Fang, Cheng, and J. Fabiola. 2002. Does the U.S. Midwest have a cost advantage over China in producing corn, soybeans, and hogs. MATRIC Research Paper 02-MRP, 4 August 2002. Iowa State Univesity, Ames Iowa.
- FAO. 2001. *Review of basic food policies*. Rome.
- FAO. 2007. *Food outlook, June 2007*. Rome.
- Foreign Agricultural Service. 2007. *Production, supply, and demand (PSD). Data for world agriculture*. FAS, USDA, February, 2002. Washington D.C.
- Gonzales, L.A., Faisal Kasryno, N.D. Perez, and M.W. Rosegrant. 1992. *Economic insentives and comparative advantage in Indonesian food crop production*. IFPRI Research Report 93. IFPRI. Washington D.C.
- Heisey, P.W. and G.O. Edmeades. 1999. *Maize production in drought-stressed environment*. In *World Maize Facts and Trends 1997 per 1998*. CIMMYT, Mexico.

- Kasryno, F. 2005. Highlight of corn economic development and its commodity policy in Indonesia. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, dan A.M. Fagi (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia, cet. II. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Kasryno, F. 2005. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia dan implikasinya bagi Indonesia. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, dan A.M. Fagi (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia, cet. II. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Kasryno, F., E. Pasandaran, dan A.M. Fagi. 2005. Dinamika produksi dan pengembangan sistem komoditas jagung Indonesia. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, dan A.M. Fagi (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia, cet. II. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Lence, Sergio H. 2000. A comparative marketing analysis of major agricultural products in the United States and Argentina. MATRIC Research Paper 00-MRP 2.CARD Iowa State University, Ames, Iowa. June 2000.
- Mink, S.D., P.A. Dorosh, and D.H. Perry. 1987. Corn production systems. *In* C. P. Timmer (Ed.). The corn economy of Indonesia. Cornell Univ. Press Ithaca and London.
- Nugraha, U., Subandi, A. Hassanudin, dan Subandi. 2003. Perkembangan teknologi budi daya dan industri benih. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, B. Tangejaya, dan U. Nugroho (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Pingali, P. 2001. CIMMYT, World maize facts and trends 1999 per 2000. Meeting World Maize Needs: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector. CIMMYT, Mexico.
- Pingali, P. and S. Pandey. 2001. Meeting world maize needs: technological opportunities and priorities for the public sector. *In*: P. Pingali (Ed.). World maize facts and trends 1999 per 2000. CIMMYT, Mexico.
- Reardon, T. and C. B. Barret. 2000. Agroindustrialization, globalization, and international development. An overview of issues, patterns, and determinants. *Agricultural Economics* 23 (2000):195-205.
- Rosegranrt, M.W., M.S. Paisner, S. Meir, and Julie Witcover. 2001. Global food projection to 2020: emerging trends and alternatives futures. IFPRI, Washington D.C.
- Schnepf, R.D, Erik Dohlman, and C. Bolling. 2001. Agriculture in Brazil and Argentina, developments prospects for major field crops. WRS-01-3. USDA, Agriculture and Trade Report. Washington D.C.

- Simatupang, P. 2003. Daya saing dan efisiensi usahatani jagung hibrida Indonesia. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, B. Tangenjaya, dan U. Nugroho (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sumaryanto. 2003. Usahatani jagung di lahan sawah beririgasi: kasus daerah aliran sungai (DAS) Brantas. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, B. Tangenjaya, dan U. Nugroho (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sumaryanto. 2006. Iuran berbasis komoditas sebagai instrumen peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi: pendekatan dan analisis faktor-faktor yang mempengaruhinya. Disertasi Doktor: IPB, Bogor.
- Sumaryanto; M. Siregar, and M. Wahida. 2001. Socio economic analysis of farm households in irrigated area of Brantas River Basin. Paper presented in IFPRI Seminar on Irrigation Investment, Fiscal Policy, and Water Resource Allocation in Indonesia and Vietnam. Issues, Concept, and Modeling Workshop. June 2001. IFPRI, Washington D.C.
- Tangenjaya, B., Y. Yusdja, dan Nyak Ilham. 2003. Analisa ekonomi permintaan jagung untuk pakan. *Dalam*: F. Kasryno, E. Pasandaran, B. Tangenjaya, dan U. Nugroho (Eds.). Ekonomi jagung Indonesia. Badan Litbang Pertanian, 2003. Jakarta.
- Timmer, C. Peter. 1987. The corn economy of Indonesia. Cornell University Press. Ithaca and London.
- World Bank. 2007a. Agriculture for Development, World Development Report 2008. World Bank, Washington D.C.
- World Bank. 2007b. Commodity prospect April 2007. World Bank, Washington D.C.
- World Bank. 2007c. Commodity price (pink sheet), September 2007. World Bank Washington D.C. (Electronic Data Base).



Tataniaga Jagung

I G.P. Sarasutha, Suryawati, dan Margaretha SL.
Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan (litbang) tanaman jagung pada masa yang akan datang difokuskan pada upaya pemenuhan kebutuhan, baik untuk pangan maupun pakan. Mengingat terbatasnya lahan subur maka pengembangan jagung diarahkan ke lahan suboptimal, baik secara monokultur maupun dikombinasikan dengan tanaman lainnya dalam pola tanam setahun. Pengembangan jagung diarahkan pada usaha berbasis kemitraan untuk ketahanan pangan dan pengentasan kemiskinan.

Badan Litbang Pertanian (1999) mengarahkan program agribisnis kepada upaya peningkatan pendapatan petani melalui reorientasi kebijakan penelitian dan pengembangan pertanian, dan mendukung pengembangan agribisnis, yaitu perubahan dari peningkatan kuantitas menjadi peningkatan kualitas, dan perubahan pendekatan komoditas menjadi pendekatan agribisnis. Agribisnis adalah sistem tataniaga komoditas pertanian modern berorientasi pasar yang menuntut perilaku ekonomi dan kelembagaan.

Badan Litbang Pertanian telah melaksanakan program Prima Tani pada beberapa wilayah di Indonesia, dengan mengembangkan model agribisnis terintegrasi secara vertikal dan horizontal berbasis lahan marginal dalam program Pengembangan Model Agribisnis Berbasis Inovasi Teknologi Pertanian. Program ini dilaksanakan untuk mendukung pengembangan komoditas pertanian unggulan dalam suatu kawasan dengan didukung oleh beberapa unsur terkait (kelembagaan) dalam proses produksi dan pemasaran hasil. Tujuan akhir dari program ini adalah mendukung upaya peningkatan pendapatan petani dan unsur yang terkait dalam usahatani dan pemberdayaan masyarakat pertanian pada umumnya.

KELEMBAGAAN PRODUKSI DAN PASCAPANEN JAGUNG

Di Indonesia, jagung dibudidayakan pada lingkungan yang beragam. Hasil studi 18 tahun yang lalu menunjukkan bahwa sekitar 79% areal pertanaman jagung terdapat pada lahan kering, 11% pada lahan sawah irigasi, dan sisanya (10%) pada lahan sawah tadah hujan (Mink *et al.* 1987). Diperkirakan saat ini areal pertanaman jagung pada lahan sawah irigasi dan lahan sawah

tadah hujan meningkat masing-masing menjadi 10-15% dan 20-30%, terutama pada daerah produksi jagung komersial (Kasryno 2002).

Jagung dapat dimanfaatkan untuk pangan, pakan, dan bahan baku industri. Di Indonesia, pada tahun 2000, pemanfaatan jagung sebesar 50% untuk bahan makanan dan industri pangan, sedangkan 50% lagi untuk industri pakan. Kecenderungan proporsi tersebut akan berubah pada tahun 2020 di mana industri pakan memerlukan jagung sekitar 76,2% (Kasryno 2006).

Pada tahun 2004, Indonesia masih mengimpor jagung sekitar 1 juta ton untuk memenuhi kebutuhan. Produksi jagung di dalam negeri baru mencapai 11,225 juta ton dengan produktivitas yang masih rendah, rata-rata 3,3 t/ha (Fadel dan Musa 2006). Sekitar 65% pertanaman jagung diusahakan pada lahan kering pada musim hujan, sehingga pada saat panen kadar air biji jagung masih cukup tinggi. Kondisi ini kondusif bagi pertumbuhan cendawan yang menghasilkan mikotoksin pada biji jagung. Syarat umum bagi produk jagung untuk pakan maupun untuk pangan, ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI).

Syarat umum:

- Bebas hama dan penyakit
- Bebas bau busuk, asam, atau bau asing lainnya
- Bebas bahan kimia: insektisida dan fungisida
- Suhu normal

Syarat Khusus:

- Kadar air maksimum (mutu I < 14%, mutu II 14%, mutu III 15%, dan mutu IV 15-17%)
- Butir rusak (mutu I < 2%, mutu II 4%, mutu III 6%, dan mutu IV 8%)
- Warna lain maksimum (mutu I < 2%, mutu II 3%, mutu III 7%, dan mutu IV 10%)
- Butir pecah maksimum (mutu I < 1%, mutu II 1%, mutu III 2%, dan mutu IV > 2%)
- Kadar aflatoksin tidak lebih dari 30 ppb.

Peningkatan produksi jagung di Indonesia belum diikuti oleh penanganan pascapanen yang baik. Petani kurang mendapatkan informasi tentang kegiatan panen dan pascapanen yang dapat mengurangi biaya dan menekan susut mutu jagung. Karena itu, petani di beberapa wilayah pengembangan jagung masih belum merasakan nilai tambah dengan meningkatnya kualitas produk biji jagung (Firmansyah 2006).

Peluang peningkatan produksi jagung dalam negeri masih terbuka lebar, baik melalui peningkatan produktivitas karena masih lebarnya perbedaan produktivitas di tingkat petani (3,1 t/ha) dengan di tingkat penelitian (4,5-8,0

t/ha), maupun perluasan areal tanam, terutama pada lahan kering di luar Jawa (Subandi 2004). Sekitar 65% jagung ditanam pada lahan kering pada musim hujan, sehingga pengeringan tongkol jagung sangat bergantung pada sinar matahari. Panen pada musim hujan menyebabkan kadar air jagung cukup tinggi. Kondisi demikian menyebabkan tumbuhnya cendawan *Aspergillus* sp. yang memproduksi aflatoksin.

Di Madura (Jawa Timur), NTT, dan Jeneponto (Sulawesi Selatan), jagung putih sebagai makanan utama disimpan dalam bentuk tongkol yang masih berkelobot. Jagung berkelobot tersebut diikat, kemudian diasapi untuk mencegah kumbang bubuk, dan digantung pada para-para dapur (Tandiabang *et al.* 2006). Di Gorontalo, Bualemo, dan Pohuwatu, curah hujan pada saat penanaman sampai panen umumnya kurang sampai sedang (MH 2004/05). Petani mengeringkan jagung berkelobot selama 30 hari di lahannya dan dipanen setelah batang dan daun tanaman berwarna coklat dan tangkai tongkol terkulai ke bawah. Pengeringan jagung berkelobot di lahan dilakukan oleh petani dengan pertimbangan lebih praktis dan efisien karena mereka tidak perlu mengeluarkan biaya membeli tikar untuk mengeringkan jagung. Pada saat panen, tanaman dipotong satu jengkal di atas permukaan tanah, kemudian jagung dikupas dari kelobotnya, dan biji dipipil menggunakan mesin pemipil dengan biaya Rp 2.500-5.000/kuintal.

Untuk mencegah menurunnya mutu biji, jagung tongkol yang dipanen segera dikeringkan Ananto *et al.* (2005). Penundaan proses pengeringan jagung tongkol menyebabkan kerusakan biji jagung. Semakin lama penundaan proses pengeringan, semakin besar kerusakan biji jagung. Kadar air jagung pada saat dipipil berpengaruh terhadap butir utuh, butir pecah, dan kotoran, terutama pada saat pemipilan dengan mesin pemipil (*corn sheller*). Makin rendah kadar air, makin tinggi persentase butir utuh, dan makin tinggi persentase kotoran (Ananto *et al.* 2005). Pemipilan pada saat kadar air jagung tinggi menyebabkan persentase biji pecah tinggi pula. Hasil pengujian di Kediri menggunakan tiga mesin pemipil jagung buatan lokal menunjukkan tingkat kerusakan biji di atas 15% bila pemipilan dilakukan pada kadar air 32,5-35% bb (Tastra *et al.* 1990).

PRODUKSI, KONSUMSI, DAN HARGA

Tiga komponen utama yang mendukung tataniaga jagung adalah produsen, pedagang, dan konsumen. Petani sebagai produsen perlu didukung oleh paket teknologi dan lembaga penyedia sarana produksi yang mampu menyediakan secara lima tepat (tepat waktu, jenis, ukuran, tempat, dan harga). Anjuran paket teknologi jagung sesungguhnya telah disadari manfaatnya oleh petani, yaitu untuk meningkatkan produksi, namun belum

sepenuhnya diterapkan karena terbentur masalah pendanaan. Konsekuensinya, produksi belum optimal, baik jumlah maupun mutu, sehingga akan mempersulit pemasaran hasil, terutama untuk tujuan ekspor.

Hal lain yang dihadapi petani dalam pemasaran produksi adalah belum dapat menjual langsung kepada pedagang besar (eksportir), PUSKUD, atau pedagang lainnya di kota provinsi. Petani umumnya menjual hasil jagung hanya ke pedagang pengumpul atau ke pasar (pedagang penyalur kota atau pengecer di pasar umum). Dengan demikian, harga yang diterima petani relatif rendah dan fluktuatif. Keadaan ini kurang menguntungkan bagi petani, sebab tidak adanya jaminan harga yang layak.

Berdasarkan data perkembangan harga jagung, pada bulan September-November merupakan puncak harga jual tertinggi. Pada bulan September-Desember, kebutuhan (konsumsi) lebih besar dibanding produksi, yang menyebabkan harga jagung naik. Periode tersebut merupakan puncak pakeklik, sehingga harga jagung tinggi. Dalam periode Januari-April, produksi lebih tinggi dari kebutuhan sehingga terjadi kelebihan produksi, yang menyebabkan harga jagung cenderung rendah (Nadjamuddin dan Noor 1997).

Akhir musim kemarau merupakan waktu terbaik bagi petani untuk menjual hasil jagungnya, karena harga mencapai tingkat tertinggi. Namun demikian, tidak semua petani dapat memanfaatkan peluang tersebut karena terdesak oleh kebutuhan keluarga dan keterbatasan fasilitas penyimpanan hasil. Untuk itu, kelebihan produksi pada waktu tertentu perlu diantisipasi melalui usaha penampungan hasil oleh pihak penyangga seperti PUSKUD dan KUD di masing-masing wilayah untuk memenuhi kebutuhan pada periode berikutnya. Hal ini berperan penting dalam stabilisasi persediaan jagung yang pada akhirnya akan menetralkan harga.

Pemasaran hasil jagung melibatkan banyak pihak. Karena itu perlu dilibatkan pihak-pihak terkait dalam merumuskan program, mulai dari proses produksi sampai pemasaran. Program tersebut menurut Bahtiar *et al.* (2002) mencakup: (1) sosialisasi teknologi penyimpanan yang dapat diterapkan petani untuk menghindari ketidakseimbangan antara penawaran dan permintaan, (2) penyediaan sarana produksi (KUD, PT. Pertani, Perum Sang Hyang Seri) secara tepat (tepat jumlah dan jenis, tepat mutu, dan tepat harga dan lokasi), (3) penyediaan kredit usahatani untuk komoditas jagung (BRI), dan (4) penyerapan hasil berdasarkan standar mutu hasil (jaminan harga dari pemerintah/swasta).

ALUR TATANIAGA JAGUNG

Hasil jagung petani, bila dilihat dari distribusinya, sudah mengarah kepada pasar (*market oriented*). Sebagian besar produksi dijual dan hanya sebagian yang disimpan untuk konsumsi dan benih pada musim tanam berikutnya. Faktor yang mendorong petani untuk menjual cepat hasil jagungnya antara lain adalah: (1) mereka memerlukan uang tunai untuk membayar bunga dan angsuran pokok kredit, (2) memenuhi kebutuhan keluarga, dan (3) keharusan membayar PBB.

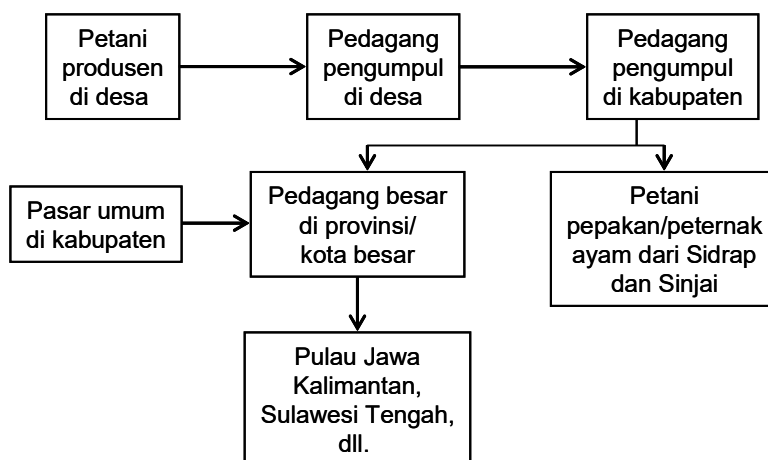
Untuk mengatasi masalah yang dihadapi, petani perlu didorong untuk memanfaatkan peluang yang ada, di antaranya meningkatkan produktivitas, nilai tambah produksi melalui pengelolaan hasil, dan menempuh alur pemasaran yang pendek, bahkan diupayakan untuk berhubungan langsung dengan industri pangan dan pakan (Yonekura 1995). Alur pemasaran/tataniaga turut menentukan pendapatan petani. Semakin panjang alur tataniaga dari produsen ke konsumen akhir semakin menurun pendapatan yang diperoleh produsen. Untuk memenuhi permintaan industri pengolahan pakan dan makanan, terjadi alur tataniaga jagung antarprovinsi yaitu dari provinsi surplus ke provinsi yang mengalami kekurangan.

Sulawesi Selatan

Serupa dengan daerah lainnya, alur tataniaga jagung di Sulawesi Selatan dimulai dari petani ke pedagang pengumpul, dan pedagang besar. Di tingkat petani, jagung dijual ke pedagang (pengumpul) atau ke pasar (pedagang penyalur kota atau pengecer di pasar umum).

Harga jual jagung pada musim hujan dan musim kemarau berbeda. Pada musim kemarau harga jagung umumnya lebih tinggi. Harga jagung konsumsi pada tahun 2006 berkisar antara Rp 1.200-1.800/kg, pada musim hujan Rp 1.200-1.300/kg, dan musim kemarau Rp 1.400-1.800/kg. Harga jagung terus membaik dan hal ini diharapkan dapat mendorong petani dalam berusaha tani. Gambaran pemasaran jagung di Sulawesi Selatan menurut penelitian Maamun *et al.* (2000) adalah sebagai berikut:

- Pedagang pengumpul membeli jagung pipilan dari petani dengan harga Rp 300-500/liter, kemudian menjualnya ke pasar kabupaten dengan harga Rp 450-600/kg. Pedagang mengumpulkan jagung sampai jumlah tertentu kemudian diangkut ke pedagang penyalur di kota kabupaten atau ke pedagang besar di kota provinsi (PUSKUD, eksportir) dengan harga Rp 600-750/kg.
- Pedagang penyalur di kabupaten menangani hasil-hasil pertanian multi-komoditas. Khusus untuk jagung, penyaluran dilakukan ke beberapa



Gambar 1. Alur tataniaga jagung di Sulawesi Selatan (Maamun *et al.* 2000).

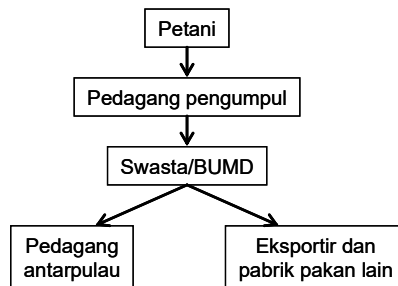
daerah seperti Sidrap untuk pakan atau Gowa dan Makassar untuk dikirim ke berbagai daerah di Jawa dan Kalimantan. Harga jual jagung berkisar antara Rp 900-1000/kg (Gambar 1).

Gorontalo

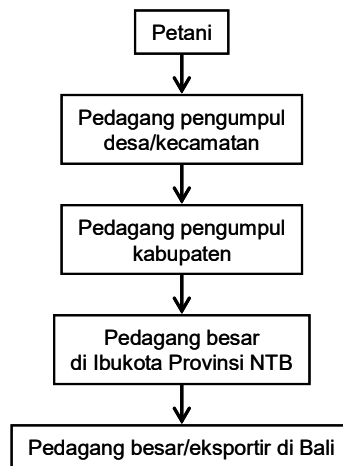
Di Provinsi Gorontalo pemasaran jagung sudah terorganisasi dengan baik, harga awal ditetapkan Rp 700/kg, kemudian meningkat menjadi Rp 900-1.075/kg. Dukungan pemerintah Gorontalo dengan memberikan bantuan membuat petani termotivasi untuk menanam jagung.

Pemasaran jagung di Provinsi Gorontalo berdasarkan kesepakatan melalui pola kemitraan, yaitu pedagang pengumpul membeli jagung dari petani. Pada umumnya antara kedua pihak sudah terjalin hubungan karena pedagang pengumpul memberikan pinjaman kepada petani berupa sarana produksi dan diperhitungkan pada saat penjualan jagung dengan harga pasar. Harga pembelian jagung dari petani cukup bervariasi, bergantung pada kualitas biji jagung dan jarak lokasi ke Kota Gorontalo.

Selanjutnya, pedagang pengumpul menjual jagung kepada swasta atau BUMD untuk diekspor atau diantarpulaukan. Di tingkat pedagang pengumpul, persyaratan kualitas jagung adalah: kadar air 17%, warna biji cerah, tidak bertepung, dan kadar aflatoksin maksimum 150 ppb. Jagung yang dibeli dari pedagang pengumpul kemudian dipasarkan ke Surabaya, Manado, Bitung, Singapura, Malaysia, dan Filipina (Gambar 2).



Gambar 2. Alur tataniaga jagung di Provinsi Gorontalo (Saenong *et al.* 2003, Firmansyah *et al.* 2005).



Gambar 3. Alur tataniaga jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat (Saenong *et al.* 2006).

Nusa Tenggara Barat

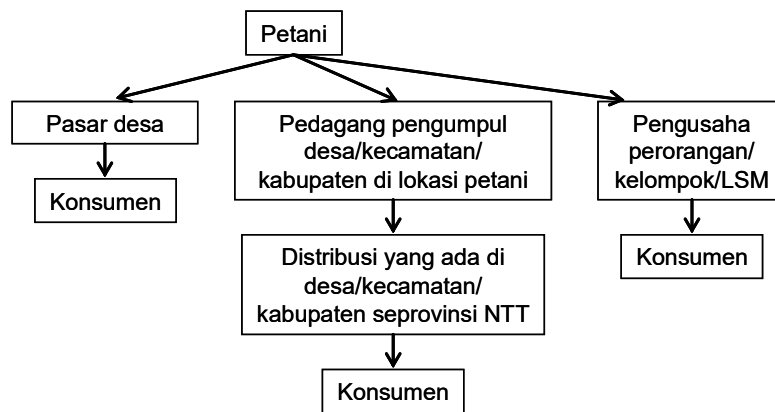
Di Kabupaten Lombok Timur, petani menjual jagung kepada pedagang pengumpul desa/kecamatan dalam bentuk gelondongan dengan harga Rp 450-Rp 600/kg. Di kabupaten Sumbawa, petani menjual jagung dalam bentuk pipilan dengan harga Rp 650-Rp 700/kg ke pedagang pengumpul desa/kecamatan, selanjutnya dijual ke pedagang kabupaten. Dari pedagang kabupaten, jagung dijual ke pedagang provinsi yang selanjutnya memasarkannya ke Bali. Alur tataniaga jagung di provinsi NTB dapat dilihat pada Gambar 3.

Nusa Tenggara Timur

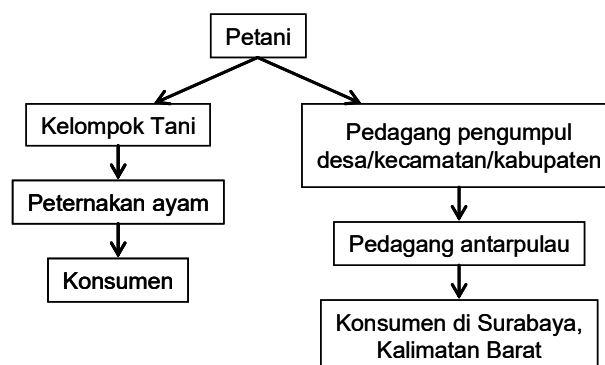
Di Nusa Tenggara Timur, jagung merupakan makanan pokok penduduk, sehingga produksi digunakan untuk kebutuhan sendiri dengan harga jual Rp 2.500/kg. Pemasaran jagung di NTT dapat dilihat pada Gambar 4.

Kalimantan Selatan

Produksi jagung sebagian dijual ke peternakan ayam yang ada di Kalimantan Selatan, sebagian lagi dipasarkan ke Surabaya dan Kalimantan Barat dengan harga jual di tingkat petani Rp 1.000-Rp 1.200/kg jagung pipilan. Jalur tataniaga jagung di Kalimantan Selatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Alur tataniaga jagung di Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2005.



Gambar 5. Alur tataniaga jagung di Provinsi Kalimantan Selatan (Hasil PRA 2006).

Dari uraian di atas, tampak bahwa pemanfaatan jagung di NTT terutama untuk pangan, sedangkan di provinsi lainnya (Sulsel, Gorontalo, NTB, dan Kalsel) sebagian besar untuk pakan. Di Gorontalo, ekspor jagung ke negara tetangga seperti Malaysia dan Filipina mencapai 800 t/hari. Di provinsi ini petani mendapat dukungan dari pemerintah, selain penetapan harga jagung yang memihak petani, juga memfasilitasi penyediaan sarana dan prasarana untuk ekspor jagung. Pranadji dan Pasandaran (2002) mengemukakan, mengingat peran industri pakan relatif besar dalam mempengaruhi jaringan kelembagaan agribisnis jagung, permodalan menjadi salah satu kunci untuk menggerakkan kelembagaan agribisnis jagung di Indonesia.

KESIMPULAN

1. Jagung dapat dimanfaatkan untuk bahan pangan, pakan, dan industri. Di Indonesia, pada tahun 2000, 50% jagung dimanfaatkan untuk bahan makanan dan industri pangan, sedangkan 50% lagi untuk industri pakan.
2. Penggunaan jagung di masa yang akan datang akan berubah dari 50% untuk industri pakan menjadi 76,2%, selebihnya untuk bahan makanan dan industri.
3. Sekitar 65% jagung ditanam pada lahan kering di musim hujan, sehingga pada saat panen kadar air biji jagung masih cukup tinggi dan merupakan media yang cukup kondusif bagi pertumbuhan cendawan yang menghasilkan mikotoksin pada biji jagung.
4. Peluang peningkatan produktivitas jagung di Indonesia masih terbuka lebar karena hasil petani saat ini masih di bawah potensi hasil penelitian. Dengan perbaikan teknik budi daya jagung maka potensi hasil tersebut dapat dicapai. Dengan demikian, peran kelembagaan produksi perlu diperbaiki dan ditingkatkan.
5. Proses pengeringan jagung memegang peranan penting untuk mendapatkan kualitas yang sesuai dengan permintaan konsumen/pasar. Makin rendah kadar air makin tinggi persentase butir utuh. Petani di beberapa wilayah telah melakukan proses pengeringan sekaligus penyimpanan di atas para-para di dapur. Upaya ini tampaknya cukup berhasil untuk mengurangi terserangnya jagung oleh hama/penyakit selama penyimpanan. Namun usaha ini hanya dapat dilakukan dalam skala kecil.
6. Faktor permodalan menjadi salah satu kunci strategis untuk mendinamisasi jaringan kelembagaan agribisnis jagung di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananto, E., Astanto, dan Sutrisno. 2005. Peran alsintan penanganan panen dan pascapanen jagung di lahan pasang surut Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian.
- Badan Litbang Pertanian. 1999. Rencana Strategis Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 1999-2004. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Bahtiar, Muchdiana, SL. Margaretha, Rahmi, Muis, IGP. Sarasutha, dan M. Y. Maamun. 2002. Peluang dan kendala pemasaran jagung di Sulawesi Selatan. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*, Vol. 7:49-57.
- Fadel, M. dan S. Musa. 2006. Peningkatan produksi jagung melalui pendekatan regional, Kasus Sulawesi. Makalah Disampaikan pada Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Makassar, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Firmansyah, IU. 2006. Permasalahan pascapanen jagung di tingkat petani dan pedagang. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Makassar, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 369-308.
- Firmansyah, IU., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, Y. Sinuseng, J. Tandiang, W. Wakman, A. Nadjamuddin, A.H. Talanca, Fausiah Koes, Suwardi, dan O. Komalasari. 2005. Proses pascapanen untuk menunjang perbaikan kualitas produk biji jagung berskala industri dan ekspor. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. 88 p.
- Kasryno, F. 2002. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung selama empat dekade yang lalu dan implikasinya bagi Indonesia. Makalah Disampaikan pada Diskusi Nasional Agribisnis Jagung di Bogor. 24 Juni 2002. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Kasryno, F. 2006. Suatu penilaian mengenai prospek masa depan jagung di Indonesia. Makalah Disampaikan pada Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Maamun, M. Y., SL. Margaretha, IGP. Sarasutha, MN. Noor, A. Najamuddin, Bahtiar, BL. Subaedah, AD. Hadijah, Syuryawati, T. Muchdiana., RY. Arvan, dan A. Muis. 2000. Identifikasi faktor pendukung dan penghambat pengembangan jagung. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros. 21 p.
- Mink, S.D., P.A. Dorosh, and D.H. Persy. 1987. Corn production systems. *In*: Timmer (Ed). The Corn Economy of Indonesia. Cornell University. London. p. 62-87.

- Nadjamuddin, A. dan MN. Noor. 1997. Dinamika permintaan-penawaran jagung dan pengaruhnya terhadap harga di Sulawesi Selatan. Kumpulan Seminar Mingguan Hasil Penelitian Jagung dan Sereal Lain, Vol 1(1): 29-41.
- Pranadji, T. dan E. Pasandaran. 2002. Analisis kelembagaan dalam agribisnis jagung di Indonesia. Diskusi Nasional Agribisnis Jagung. Bogor, 24 Juni 2002. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Saenong, S., SL. Margaretha, Syafruddin, R. Arif, Y. Sinuseng, J. Tandiang, Rahmawati, Nani Riary, Fausiah Koes, dan Suwardi. 2003. Sistem perbenihan untuk mendukung penyebarluasan varietas jagung unggul nasional. Balai Penelitian Tanaman Sereal. Maros. 101 p.
- Saenong, S., SL. Margaretha, M.J. Mejaya, dan Subandi. 2006. Percepatan distribusi benih jagung melalui produksi benih berskala komunal. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Makassar, 29-30 September. Balai Penelitian Tanaman Sereal. Maros. p. 820-836.
- Subandi. 2004. Peran inovasi dalam produksi jagung. Seminar Inovasi Pertanian. Bogor, 5 Agustus 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Tandiang, J., I.U. Firmansyah, and M.S. Pabbage. 2006. Practice of post harvest technologies of maize in Indonesia and its implication to insect pest and disease. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Makassar, 29-30 September 2005. Balai Penelitian Tanaman Sereal. Maros. p. 538-547.
- Tastra, I.K., E. Ginting, and R. Merx. 1990. Determination of the optimum moisture content for shelling maize using local sheller. Internal Technical Report. ATA 272/NRC-MARIF.
- Yonekura, H. 1995. Development of the agribusiness and changing maize market: A case study in East Java. IDE, Joint Research Program Series No. 113. Tokyo.