

# Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida

## Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida

**V**arietas unggul jagung hibrida berdaya hasil tinggi, tahan cekaman biotik (hama dan penyakit), toleran cekaman abiotik (kekeringan) dan umur genjah sangat dibutuhkan dalam peningkatan produktivitas per satuan luas dan pencapaian swasembada jagung nasional yang berkelanjutan. Koleksi plasma nutfah dengan keragaman yang luas dan metode seleksi yang tepat merupakan kunci keberhasilan dalam menghasilkan galur inbrida jagung yang memiliki daya gabung tinggi. Galur-galur inbrida tersebut merupakan asset yang sangat berharga dalam perakitan varietas unggul jagung hibrida dengan stabilitas yang luas.

Buku "Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida" sangat sesuai digunakan sebagai pegangan bagi mahasiswa, peneliti, penyuluh, petani, produsen benih jagung hibrida, serta pengambil kebijakan dalam pengembangan jagung hibrida di Indonesia. Buku ini memberikan petunjuk tentang:

- Pengelolaan plasma nutfah jagung
- Seleksi cekaman biotik dan abiotik
- Evaluasi daya gabung galur
- Uji adaptasi calon varietas unggul jagung hibrida
- Teknologi produksi benih jagung hibrida



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540  
Telp.: 62 21 7806202, Faks.: 62 21 7800644



Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida



Made Jana Mejaya  
M. Yasin HG  
Erny Ishartati



**Perakitan dan Teknologi  
Produksi Benih Varietas Unggul  
Jagung Hibrida**



# **Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung Hibrida**

## **Penulis**

Made Jana Mejaya  
M. Yasin HG  
Emy Ishartati

## **Penelaah**

Bambang Sutaryo  
Juli Santoso

## **Penyunting**

Ronald T.P. Hutapea



PERAKITAN DAN TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH VARIETAS UNGGUL JAGUNG  
HIBRIDA  
Cetakan 2017

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
©Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2017

---

Katalog dalam Terbitan (KDT)

---

MEJAYA, Made Jana

Perakitan dan Teknologi Produksi Benih Varietas Unggul Jagung  
Hibrida /Penulis, Made Jana Mejaya, M. Yasin HG, dan Erny Ishartati.  
Reader, Bambang Sutaryo dan J. Santoso. -Jakarta: IAARD Press, 2017  
xii, 94 hlm.: ill.; 25 cm

ISBN : 978-602-344-179-2

1. Jagung    2. Hibrida    3. Perakitan  
I. Judul    II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
III. M. Yasin HG    IV. Ishartati, Erny    V. Sutaryo, Bambang  
VI. Santoso, J.    VII. Hutapea, R.

632.38

---

IAARD Press  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jln. Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540  
Telp.: + 62 21 7806202, Faks.: 62 21 7800644

Alamat Redaksi:  
Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Jl. Raya Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta Selatan 12540  
Telp.: (021) 7806202, Faks.: (021) 7800644  
email: [iaardpress@litbang.pertanian.go.id](mailto:iaardpress@litbang.pertanian.go.id)

ANGGOTA IKAPI NO: 445/DKI/2012

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	v
PRAKATA .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
I. PENDAHULUAN .....	1
II. POLA HETEROTIK .....	5
2.1. Fenomena Heterosis .....	5
2.2. Pembentukan <i>Gene Pool</i> .....	7
2.3. Pembentukan Pola Heterotik .....	8
2.4. Kemajuan Seleksi .....	13
III. SELEKSI KETAHANAN TERHADAP PENYAKIT .....	17
3.1. Periode Kritis Tanaman terhadap Penyakit .....	17
3.2. Metode Seleksi Ketahanan terhadap Penyakit .....	19
IV. SELEKSI TOLERAN KEKERINGAN .....	25
4.1. Periode Kritis Tanaman terhadap Kekeringan .....	26
4.2. Metode Seleksi Toleran Kekeringan .....	27
V. EVALUASI DAYA GABUNG GALUR .....	33
5.1. Silang Diallel .....	33
5.2. Silang Galur x Penguji .....	35
5.3. Jarak Genetik .....	39
VI. UJI ADAPTASI HIBRIDA POTENSIAL .....	43
6.1. Metode Uji Adaptasi .....	43
6.2. Analisis Stabilitas .....	48
6.3. Usulan Pelepasan Calon Varietas .....	49
6.4. Perlindungan Varietas .....	51
VII. TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH JAGUNG HIBRIDA .....	53
7.1. Teknologi Produksi Benih Sumber .....	53
7.2. Teknologi Produksi Benih Sebar .....	58
VIII. PENGEMBANGAN VARIETAS UNGGUL JAGUNG HIBRIDA .....	61
8.1. Peran Diseminasi Balitbangtan .....	61
8.2. Peran Perusahaan Swasta .....	64
8.3. Peran Gapoktan .....	68
IX. PENUTUP .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	73
LAMPIRAN .....	81
INDEKS SUBJEK .....	89
BIODATA PENULIS .....	91



## **PRAKATA**

Varietas unggul jagung hibrida berdaya hasil tinggi, tahan cekaman biotik (hama dan penyakit), toleran cekaman abiotik (kekeringan) dan umur genjah sangat dibutuhkan dalam peningkatan produktivitas per satuan luas dan pencapaian swasembada jagung nasional yang berkelanjutan. Untuk merakit varietas unggul jagung hibrida, dibutuhkan koleksi plasma nutfah dengan keragaman yang luas dan metode seleksi yang tepat guna menghasilkan galur inbrida jagung yang memiliki daya gabung tinggi.

Buku ini menerangkan hasil-hasil penelitian dalam perakitan varietas unggul jagung hibrida dan teknologi produksi benih sebar varietas unggul jagung hibrida oleh Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Hingga tahun 2016, sebanyak 39 varietas jagung hibrida telah dilepas oleh Badan Litbang Pertanian yang terdiri dari 12 varietas hibrida Silang Tiga Jalur (STJ) dan 27 varietas hibrida Silang Tunggal (ST). Varietas jagung hibrida yang pertama dilepas oleh Badan Litbang Pertanian yaitu varietas Semar-1 pada tahun 1992 yang merupakan hibrida STJ. Beberapa varietas telah dilisensi dan diproduksi benihnya oleh Perusahaan Swasta serta telah diadopsi oleh petani.

Terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Menteri Pertanian, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan), Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan), Kepala Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal), rekan-rekan peneliti dan teknisi di Balitsereal yang telah membantu dalam kegiatan pemuliaan tanaman jagung. Terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu memberikan masukan dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat dalam perakitan dan pengembangan jagung hibrida di Indonesia. Semoga perjagungan nasional lebih maju, sehingga Indonesia menjadi pengeksport jagung dan lumbung pangan dunia.

Penulis



## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Populasi asal galur-galur tetua penyusun varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang dilepas tahun 1992-2016 .....	12
2. Varietas jagung bersari bebas (non-hibrida) rakitan Balitbangtan .....	13
3. Analisis ragam pada rancangan satu faktor. ....	14
4. Ketahanan terhadap penyakit bulai varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan .....	22
5. Ketahanan terhadap penyakit karat daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan .....	23
6. Ketahanan terhadap penyakit hawar daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan .....	23
7. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan adaptif lahan sub optimal dan berumur genjah .....	30
8. Analisis daya gabung silang diallel .....	34
9 Analisis daya gabung galur x penguji .....	36
10. Nilai daya gabung umum dan daya gabung khusus hasil biji pada analisis Galur x Penguji .....	37
11. Varietas unggul jagung hibrida yang menggunakan galur Mr 4 dan Mr 14 sebagai tetua .....	37
12. Matriks jarak genetik galur inbrida pembentuk varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan .....	41
13. Matrik karakteristik lokasi evaluasi daya hasil dan stabilitas genotipe jagung hibrida .....	45
14. Kerangka matrik penilaian dalam sidang pelepasan varietas jagung hibrida .....	50
15. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dilepas melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian .....	51
16. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dimohonkan perlindungan hak PVT atau yang telah mendapat sertifikat .....	52
17. Standar mutu benih jagung berdasarkan kelas benih .....	55
18. Cara seleksi pertanaman jagung untuk produksi benih sumber galur .....	57
19. Warna sekam, warna malai, dan warna rambut galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan .....	57
20. Potensi hasil benih dan produktivitas benih galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan .....	60

21. Benih induk yang telah didistribusikan ke Produsen Benih oleh Balitbangtan Agustus 2016 – Januari 2017 .....	64
22. Kerjasama lisensi varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan.	65
23. Distribusi benih jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan oleh Produsen di Jawa Timur, tahun 2015-2017 .....	65
24 Target produksi benih sebar jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan oleh Produsen pada tahun 2017 .....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Areal pertanaman jagung yang luas dan berbasis mekanisasi untuk peningkatan produktivitas dan produksi .....	1
2. Keragaan varietas unggul jagung hibrida rakitan Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian .....	3
3. Contoh aneka jenis dan warna biji jagung pada koleksi plasma nutfah jagung di CIMMYT, Mexico tahun 2017 dan koleksi di Balitsereal, Indonesia tahun 2017 .....	8
4. Tongkol pasangan populasi Malang Sintetik J1 ) dan J2 .....	10
5. Gejala tanaman jagung yang peka penyakit bulai yaitu berupa garis-garis serbuk putih kekuningan sejajar tulang daun .....	18
6. Gejala tanaman jagung terserang penyakit karat daun .....	18
7. Gejala tanaman jagung terserang penyakit dan hawar daun .....	19
8. Menyeleksi tanaman yang tahan terhadap bulai untuk diselfing .....	20
9. Sebelum dipanen, dilakukan seleksi tongkol pada tanaman yang tahan bulai .....	21
10. Tanaman jagung gagal panen akibat mengalami kekeringan .....	27
11. Seleksi tanaman jagung terhadap cekaman kekeringan .....	28
12. Tongkol hasil seleksi tanaman jagung terhadap kekeringan .....	28
13. Tongkol yang dipanen dari persilangan galur A dengan galur B untuk menghasilkan hibrida F1 Silang Tunggal (A x B) .....	34
14. Peralatan di laboratorium molekuler di Balitsereal, Maros, 2017 .....	40
15. Uji adaptasi hibrida potensial dilakukan melalui uji multi lokasi (UML) di beberapa wilayah sentra atau pengembangan jagung .....	44
16. Bentuk dan skor penutupan kelobot tongkol jagung .....	46
17. Perbanyak benih sumber galur inbrida pada petak terisolasi waktu atau jarak .....	54
18. Pencabutan malai bunga jantan pada baris tetua betina. Malai pada baris tetua jantan tidak dicabut .....	59
19. <i>Visitor plot</i> di Balitsereal, Maros, Sulawesi Selatan memperkenalkan jagung hibrida tongkol ganda varietas NASA 29 rakitan Balitbangtan tahun 2017 .....	62
20. Pengenalan varietas unggul baru jagung hibrida rakitan Balitbangtan di lahan petani .....	62
21. Pendampingan produksi benih sebar di perusahaan swasta yang melisensi varietas unggul baru jagung hibrida rakitan Balitbangtan ...	62

22. Benih yang diproduksi oleh Unit Pengelola Benih Sumber (UPBS) yang ada di Balitsereal di Maros, Sulawesi Selatan .....	63
23. Pabrik di perusahaan swasta siap memproses tongkol yang baru dipanen sebagai Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida .....	66
24. Kemasan Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan dan benih di gudang Perusahaan Benih Swasta yang siap didistribusikan ke petani .....	66
25. Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang diproduksi oleh perusahaan swasta .....	67
26. Balitbangtan melakukan pendampingan produksi benih sebar jagung hibrida dengan Kelompok Tani (Poktan) di sentra produksi jagung .....	68
27. Peneliti Balitbangtan telah memperoleh royalti dari Perusahaan Swasta yang melisensi invensinya termasuk varietas unggul jagung hibrida .....	70

## I. PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L.) memiliki peran yang strategis sebagai salah satu sumber utama karbohidrat setelah beras, sehingga merupakan komoditas yang diprogramkan untuk mencapai swasembada dan target ekspor. Keadaan tersebut disebabkan oleh kebutuhan jagung dalam negeri yang meningkat 3,77% setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan dan pakan ternak unggas. Pada industri peternakan, jagung dibutuhkan untuk menyediakan protein hewani unggas yang setiap tahunnya lebih dari 70% kebutuhan jagung dalam negeri digunakan untuk pakan terutama unggas. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap keberkelanjutan industri peternakan, karena bila terjadi kelangkaan stok jagung akan mengakibatkan kelangkaan pakan ternak dan terhambatnya industri peternakan unggas. Sasaran kebutuhan jagung domestik pada 2017 sebanyak 17,28 juta ton dengan target produksi 25,20 juta ton (Kementerian Pertanian, 2016).

Tahun 2015, produksi jagung 19,61 juta ton dengan luas panen 3,79 juta ha dan produktivitas 5,18 ton/ha. Tahun 2017, sasaran luas tanam jagung 4,93 juta ha yaitu meningkat 1,14 juta ha (30,08%) dibandingkan tahun 2015. Pada tahun 2045 diperkirakan kebutuhan jagung mencapai 45,628 juta ton. Untuk memenuhi sasaran tersebut, dibutuhkan luas tanam jagung 9,47 juta ha yaitu meningkat 5,68 juta ha (150%) dibandingkan tahun 2015. Tahun 2045 Indonesia menargetkan untuk dapat mengisi 25% pangsa pasar jagung ASEAN, sehingga target produktivitas yang harus dicapai minimal 7,01 ton/ha dengan sasaran produksi 63,16 juta ton. Dari tahun 2005 hingga 2015, setiap tahun rata-rata luas panen jagung meningkat 0,49%, produksi meningkat 5,02% dan meningkat 4,38% (Kementerian Pertanian, 2016). Areal pertanaman jagung yang ideal dari segi luas lahan untuk peningkatan produktivitas dan produksi disajikan pada Gambar 1.

Produktivitas jagung nasional saat ini masih 5,18 ton/ha sedangkan produktivitas jagung negara eksportir besar seperti Amerika Serikat 9,5 ton/ha,



Gambar 1. Areal pertanaman jagung yang luas dan berbasis mekanisasi untuk peningkatan produktivitas dan produksi.

Argentina 7,5 ton/ha dan negara Uni Eropa 6,2 ton/ha. Untuk dapat bersaing di pasar internasional dengan negara tersebut, maka produktivitas harus ditingkatkan dan biaya produksi harus ditekan seefisien mungkin. Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan menggunakan jagung hibrida. Pada tahun 2015, penggunaan jagung hibrida di Indonesia baru mencapai 56% dari total 3,79 juta ha luas panen jagung, dan sisanya petani menggunakan jagung bersari bebas dengan tingkat produktivitas yang lebih rendah dibandingkan hibrida (BPS, 2015; Kementerian Pertanian, 2015).

Penelitian jagung hibrida di Indonesia dimulai tahun 1950an oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (disingkat Puslitbangtan), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (disingkat Balitbangtan), Kementerian Pertanian (disingkat Kementan). Hibrida silang puncak dan silang tunggal yang dibentuk pada tahun 1950an - 1970an menunjukkan hasil yang sama atau lebih tinggi 20-40% dibandingkan populasi dasarnya atau varietas komposit introduksi saat itu (varietas Perta dan Kalingga) tetapi hibrida yang dihasilkan tersebut tidak dilepas sebagai varietas. Pemerintah Indonesia sejak tahun 1983 meningkatkan program pengembangan jagung hibrida yang didukung oleh organisasi perbenihan yang lebih baik, partisipasi perusahaan swasta, pengetahuan petani tentang budidaya jagung hibrida yang semakin tinggi, dan didukung anggaran penelitian dan pengembangan oleh pemerintah yang lebih tinggi. Hibrida pertama yang dilepas di Indonesia yaitu hibrida Silang Puncak introduksi varietas C1 (dilepas tahun 1983) yang dihasilkan oleh PT Cargill dengan hasil rata-rata 5,8 ton/ha. Hibrida Silang Tiga Jalur pertama yang dilepas di Indonesia yaitu varietas Pioneer-1 yang dihasilkan oleh PT Pioneer dan dilepas tahun 1985 dengan hasil rata-rata 5,5 ton/ha. Hibrida Silang Ganda pertama yang dilepas di Indonesia yaitu varietas Pioneer-3 yang dihasilkan oleh PT Pioneer dan dilepas tahun 1992 dengan hasil rata-rata 6,4 ton/ha. Hibrida Silang Tunggal pertama yang dilepas di Indonesia yaitu varietas IPB-4 yang dihasilkan oleh Institute Pertanian Bogor (IPB) dan dilepas tahun 1985 dengan hasil rata-rata 5,4 ton/ha (Moentono, 1988; Subandi, 1988; Hermanto *et al.*, 2009).

Varietas unggul yang dihasilkan dari kegiatan pemuliaan akan berdampak pada peningkatan produktivitas, produksi dan nilai tambah usaha tani jagung karena daerah produksi jagung di Indonesia sangat beragam kondisi agroklimatnya yang masing-masing membutuhkan varietas yang sesuai. Varietas yang toleran cekaman lingkungan merupakan komponen penting dalam stabilitas hasil jagung. Varietas jagung hibrida yang pertama dilepas oleh Balitbangtan yaitu varietas Semar-1 pada tahun 1992 yang merupakan hibrida Silang Tiga Jalur. Sedangkan hibrida Silang Tunggal yang pertama dilepas yaitu varietas Bima-1 (tahun 2001). Hingga tahun 2016 sebanyak 39 varietas jagung hibrida telah dilepas oleh Badan Litbang Pertanian yang terdiri dari 12 varietas hibrida Silang Tiga Jalur dan 27 varietas hibrida Silang Tunggal. Beberapa varietas unggul jagung hibrida yang memiliki daya hasil tinggi dan tahan hama/penyakit utama (Gambar 2; Lampiran 1).



Gambar 2. Keragaan varietas unggul jagung hibrida rakitan Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Di samping itu Balitbangtan juga merakit hibrida jagung khusus awal yaitu tahun 2000an dan beberapa telah dilepas varietas unggul hibrida jagung khusus (*specialty corn*) antara lain: jagung berkualitas protein tinggi (*Quality Protein Maize*, QPM), jagung dengan kadar vitamin A tinggi (*Beta Carotene*), serta jagung pulut dengan kandungan amilopektin tinggi. Jagung khusus adalah jenis jagung dengan kadar nutrisi lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa dan dapat digunakan untuk konsumsi pangan. Balitbangtan terus merakit teknologi jagung berdaya hasil tinggi untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim terutama pada meningkatnya cekaman abiotik dan biotik bagi pertanaman jagung. Meningkatnya cekaman abiotik yang sering terjadi pada pertanaman jagung antara lain kekeringan, kemasaman, genangan, dan salin, sedangkan cekaman biotik berupa peningkatan serangan organism pengganggu (hama dan penyakit utama). Salah satu langkahantisipasi dalam menghadapi dampak perubahan iklim yaitu perakitan varietas unggul jagung hibrida toleran kekeringan, umur genjah, toleran genangan, dan tahan hama/penyakit utama. Buku ini menerangkan metode dan hasil perakitan varietas unggul jagung hibrida serta teknologi pendukungnya termasuk teknologi produksi benih sebar.



## II. POLA HETEROTIK

Jagung tergolong tanaman berumah satu (*monoecious*) yaitu bunga betina sebagai tongkol dan bunga jantan sebagai malai terletak dalam satu tanaman. Kondisi ini mempermudah terjadinya penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri dalam pembentukan galur inbrida. Pada setiap tahapan dari kegiatan pembentukan hibrida selalui didahului dengan seleksi galur untuk mendapatkan galur murni (inbrida) yaitu genotipe yang homogen dan telah mengalami persilangan dalam (*selfing*) beberapa generasi. Dari galur-galur yang dihasilkan ini diuji daya hasilnya melalui uji kombinasi persilangan antar galur untuk menghasilkan satu atau lebih varietas unggul jagung hibrida. Hibrida merupakan generasi pertama (F1) hasil persilangan antara tetua (galur) yang berbeda genetik sehingga memberikan pengaruh heterosis antara lain tanaman hibrida memiliki hasil biji yang lebih tinggi dibandingkan galur inbrida tetuanya.

### 2.1. Fenomena Heterosis

Heterosis sering disebut sebagai ketegapan hibrida yaitu merupakan penampilan superioritas hibrida dibandingkan dengan tetuanya. Heterosis dapat berupa pertambahan ukuran atau vigor pada hibrida yang melebihi tetua-tetuanya atau rata-rata tetuanya. Pada jagung, heterosis untuk hasil biji dapat mencapai 100% lebih tinggi dibandingkan tetuanya. Oleh karena itu di negar-negara maju, perakitan jagung hibrida mendapat prioritas yang lebih besar dibandingkan jagung non-hibrida (bersari bebas). Heterosis merupakan kebalikan dari tekanan silang dalam (*inbreeding*) yang merupakan berkurangnya vigor tanaman (Falconer, 1989).

Terdapat dua hipotesis tentang heterosis yaitu hipotesis dominan dan hipotesis overdominan. Poehlman dan Sleper (1995) menyatakan bahwa hipotesis dominan terjadi akibat akumulasi gen-gen dominan yang baik (menguntungkan) dalam satu genotipe tanaman sehingga menyebabkan munculnya fenomena heterosis, sedangkan penampilan gen-gen resesifnya akan tertutupi atau hilang. Contoh: Tetua 1 (AABBccdd) disilangkan dengan Tetua 2 (aabbCCDD) menghasilkan F1 (AaBbCcDd). Pada kedua tetua masing-masing memiliki dua gen dominan "AB" dan "CD" (pembawa sifat baik) dan dua gen resesif "ab" dan "cd" (pembawa sifat tidak baik), sehingga menghasilkan individu F1 dengan empat gen dominan "ABCD" yang menutupi sifat tidak baik yang dikendalikan oleh empat gen resesif "abcd". Beberapa peneliti mendukung hipotesis dominan (Hallauer, 1988). Moentono dan Darrah (1987) melakukan penelitian tentang heterosis dalam kaitannya dengan hipotesis dominan beberapa sifat agronomis jagung dan hasil biji. Populasi yang digunakan yaitu MoSQA (C0), MoSQA (C8), MoSQA (C0) x MoSQA (C8), MoSQB (C0), MoSQB (C8), dan MoSQB (C0) x MoSQB (C8) yang merupakan hasil seleksi bertahap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon heterosis dicapai pada karakter hasil biji, berat biji, ketahanan terhadap pecah biji, kadar protein biji, dan tinggi letak tongkol. Tidak

terdapat respon heterosis pada karakter kekuatan batang, ketahanan rebah batang. Perbedaan respon heterosis diantara karakter yang diamati hanya dapat dijelaskan menggunakan hipotesis dominan. Hal ini mendukung secara tidak langsung hipotesis dominan. Perbaikan sifat yang menunjukkan gejala heterosis yang dilakukan dengan cara membuat galur inbrida induk yang memiliki keunggulan sifat yang dimaksud akan memperoleh perbaikan tambahan yang terjadi karena heterosis dalam hibrida F1, sedangkan untuk memperbaiki sifat yang tidak menunjukkan gejala heterosis tidak akan memperoleh perbaikan tambahan yang terjadi karena heterosis dalam hibrida F1.

Hasil hibrida silang tunggal tergantung pada gen-gen yang baik yang terdapat pada kedua galur penyusunnya. Apabila galur penyusun dapat saling mengisi gen yang tidak terdapat pada pasangannya, maka hibrida (F1) akan mempunyai banyak lokus dengan gen yang baik sehingga hibrida ini akan memberikan hasil yang lebih tinggi dari kedua tetuanya (Castro *et al.*, 1968; Crossa *et al.*, 1987). Hipotesis overdominan terjadi akibat superioritas heterozigositas terhadap homozigositas, dimana genotipe atau individu yang heterozigot (a1a2) lebih superior terhadap genotipe yang homozigot (a1a1 atau a2a2) sehingga akumulasi gen heterozigot terbanyak menyebabkan genotipe (individu) lebih superior dibanding genotipe yang akumulasi gen heterozigotnya lebih sedikit. Nilai heterosis diduga dengan cara membandingkan selisih antara nilai hibrida (F1) dengan rata-rata tetuanya atau dengan tetua terbaik. Nilai heterosis berdasarkan rata-rata tetuanya (*mid parent heterosis*, MP) =  $\{[(F1 - MP)/2] / [MP/2]\} \times 100\%$ . Nilai heterosis berdasarkan tetua terbaik (*best parent heterosis*, BP) yang disebut heterobeltiosis =  $\{[(F1 - BP)/2] / [BP]\} \times 100\%$ . Nilai heterosis yang tinggi harus didukung juga oleh nilai heterobeltiosis yang tinggi. Hal ini untuk menghindari bila perbedaan keragaan antara kedua tetua sangat jauh yang akan menyebabkan nilai heterosis berdasarkan rata-rata tetuanya menjadi kurang berarti karena nilai F1 mendekati nilai tetua terbaik. Oleh karena itu fenomena heterosis sangat bermanfaat pada jagung hibrida dibandingkan dengan jagung non-hibrida (bersari bebas) atau sering disebut komposit. Jagung hibrida memberikan hasil yang lebih tinggi, keragaan pertanaman yang lebih seragam dan lebih menarik daripada jagung komposit.

Jagung hibrida dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu hibrida Silang Puncak (SP) merupakan persilangan antara galur inbrida (A) dengan jagung bersari bebas (Populasi, Komposit, maupun Sintetik), hibrida Silang Tunggal (ST) yang terbentuk dari dua galur tetua yaitu merupakan persilangan antara galur inbrida (A) dengan galur inbrida (B), hibrida Silang Tiga Jalur (STJ) yang terbentuk dari tiga galur tetua yaitu persilangan antara Silang Tunggal (A x B) dengan galur inbrida (C), dan hibrida Silang Ganda (SG) yang terbentuk dari empat galur tetua yaitu persilangan antara Silang Tunggal (A x B) dengan Silang Tunggal (C x D). Koleksi plasma nutfah tersebut perlu menjalani serangkaian proses tahapan pemuliaan sebelum dihasilkan varietas jagung hibrida yang unggul antara lain tahapan Pembentukan *Gene Pool* dan Pembentukan Pola Heterosis (Subandi, 1988; Mejaya dan Moejiono, 1995).

## 2.2. Pembentukan *Gene Pool*

Dari koleksi plasma nutfah dapat dikembangkan *Gene Pool* yang merupakan campuran dari varietas bersari bebas, komposit, sintetik, dan hibrida. *Gene Pool* ini mengandung gen-gen unggul yang diinginkan yang frekuensinya masih rendah sehingga perlu diperbaiki. *Gene Pool* yang telah mengalami perbaikan melalui seleksi yang berulang di berbagai lokasi dan terus menerus, pada suatu waktu akan diperoleh galur inbrida sebagai sumber induk untuk perakitan hibrida. Jagung hibrida yang dihasilkan diharapkan memiliki daya hasil lebih tinggi tetapi dengan stabilitas lintas lingkungan yang sama dengan varietas bersari bebas terbaik (Subandi, 1988; Mejaya dan Moejiono, 1995).

Koleksi plasma nutfah yang bervariasi akan memperbesar peluang diperolehnya kombinasi sifat-sifat yang diinginkan antara lain bobot kupasan basah per plot, rendemen biji, kadar air saat panen, dan komponen hasil (bobot 100 biji, panjang tongkol, diameter tongkol, jumlah baris per tongkol, jumlah biji per baris), tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, dan jumlah tongkol panen. Untuk memanfaatkan plasma nutfah jagung, Badan Litbang Pertanian mulai tahun 1980 mengembangkan program *Gene Pool*. Koleksi plasma nutfah jagung dikelompokkan menurut umur dan warna biji sebagai berikut: Pool 1 (biji kuning, umur < 80 hari), Pool 2 (biji kuning, umur 80-90 hari), Pool 3 (biji kuning, umur 90-100 hari), Pool 4 (biji kuning, umur > 100 hari), dan Pool 5 (biji putih, umur 80-100 hari). Pada tahun 1983 dimulai perbaikan Populasi, antara lain Populasi 2 dikembangkan dari kerabat *Half-sib* (saudara tiri) terpilih dari Pool 2 dan diperbaiki dengan seleksi *Full-sib* (saudara kandung) dengan pengujian hasil. Dari *Gene Pool* ini juga dihasilkan Populasi-Populasi yang diperbaiki melalui seleksi yang berulang sehingga dihasilkan varietas-varietas unggul bersari bebas. Varietas-varietas unggul bersari bebas ini digunakan sebagai sumber gen untuk pembentukan galur inbrida dalam perakitan jagung hibrida (Subandi, 1988).

Hingga tahun 2014, Balai Penelitian Tanaman Serealia di Maros, Sulawesi Selatan memiliki total koleksi plasma nutfah jagung sebanyak 892 aksesi yang disimpan berupa benih pada *cold storage/freezer*. Sebagian dari plasma nutfah jagung tersebut berasal dari Pusat Penelitian Jagung dan Gandum Internasional (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT*) di Mexico (Gambar 3). Aksesi jagung setiap tahun secara rutin dikarakterisasi, dievaluasi, dan direjuvinsi. Aksesi plasma nutfah dievaluasi ketahanannya terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit utama) dan cekaman abiotik (kekeringan, lahan masam, dan genangan). Pada tahun 2014, dari 70 aksesi jagung yang telah dievaluasi ketahanannya terhadap penyakit bulai, diperoleh 1 aksesi tergolong tahan yaitu CML440/MR- 4-9-30-3 dan 3 aksesi tergolong agak tahan dievaluasi. Dari 52 aksesi jagung yang telah dievaluasi ketahanannya terhadap penyakit bercak daun, diperoleh 7 aksesi tergolong tahan antara lain CML 440/MR-4-25-11. Sedangkan aksesi yang sudah dievaluasi terhadap cekaman kekeringan sebanyak 4 aksesi yang toleran yaitu Bali-9, Bali-8, Bali-3, Kima Kalsel, dan aksesi No.235 Pulut Maros. Aksesi Kima dan Lombok Timur toleran terhadap



Gambar 3. Contoh aneka jenis dan warna biji jagung pada koleksi plasma nutfah jagung di CIMMYT, Mexico tahun 2017 (foto kanan) dan koleksi di Balitsereal, Indonesia tahun 2017 (foto kiri).

kemasaman tanah, dan terdapat 3 aksesori toleran terhadap genangan yaitu Pen Busi, Jalating Mayung 0779, dan jagung putih lokal. Aksesori-aksesori tersebut potensial untuk dikembangkan dalam program pemuliaan untuk menghasilkan varietas unggul (Puslitbangtan, 2015).

Program pemuliaan tanaman jagung terdiri atas tiga tahapan, yaitu pembentukan populasi dasar, perbaikan berulang populasi dasar, dan pembuatan galur untuk induk hibrida. Apabila populasi telah diperbaiki, maka pembentukan varietas unggul jagung hibrida terdiri atas tiga tahap kegiatan yaitu seleksi galur inbrida, evaluasi daya gabung galur, dan evaluasi calon varietas hibrida. Untuk mendapatkan varietas jagung hibrida yang unggul diperlukan induk (tetua) persilangan yang berupa galur inbrida yang unggul pula. Galur inbrida dapat berasal dari koleksi plasma nutfah yang berfungsi sebagai sumber gen dalam program pemuliaan. Populasi dasar dapat diperoleh dari plasma nutfah yang dapat berasal dari aksesori lokal yang dikumpulkan melalui kegiatan eksplorasi atau introduksi dari negara lain. Plasma nutfah harus memiliki keragaman genetik yang luas untuk sifat-sifat utama antara lain daya hasil tinggi, ketahanan terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit), toleran terhadap cekaman abiotik (kekeringan, lahan masam, naungan, genangan, dan karakter lainnya), umur genjah, dan sifat-sifat baik lainnya. Di alam, sering terjadi penurunan keragaman genetik dalam plasma nutfah dan peningkatan kemiripan genetik dalam populasi dapat meningkatkan kepekaan terhadap penyakit baru atau kekeringan (Moedjiono dan Mejaya, 1994; Mejaya *et al.*, 2006a).

### 2.3. Pembentukan Pola Heterotik

Perakitan varietas unggul jagung diawali dengan perbaikan populasi dasar melalui perbaikan dalam populasi (*intra population improvement*) dan perbaikan antar populasi (*inter population improvement*) (Hallauer dan Miranda, 1988). Perbaikan potensi hasil dengan meningkatkan frekuensi gen yang diinginkan

pada populasi, sehingga galur yang diekstrak dari populasi memberikan hibrida yang hasilnya tinggi pada lingkungan spesifik. Untuk mendapatkan hibrida yang berpotensi hasil tinggi, diperlukan pasangan Populasi (sumber tetua galur) yang memiliki potensi hasil tinggi pula dan dari kelompok heterotik yang berbeda yang selanjutnya disebut Pola Heterotik. Semakin tinggi potensi hasil Populasi Dasar semakin besar peluang diperolehnya galur yang dapat memberikan heterosis dan hasil tinggi dalam kombinasi hibrida. Pembentukan Pola Heterotik diperlukan untuk mendapatkan informasi guna mempercepat proses pembentukan hibrida. Varietas unggul hibrida harus menggunakan Populasi Dasar yang hasilnya tinggi untuk memperoleh hasil yang maksimal (Mejaya *et al.*, 2006a).

Grup heterotik dapat dibentuk dengan menentukan tetua penguji, sehingga grup yang diuji menjadi pasangannya. Hasil dari persilangan dua galur akan semakin lebih tinggi daripada hasil kedua tetuanya apabila galur-galur ini berasal dari dua populasi yang pola heterotiknya berbeda (Dahlan *et al.*, 1996). Umumnya koleksi plasma nutfah jagung lokal mengandung sejumlah gen potensial seperti daya hasil tinggi, tahan terhadap cekaman biotik (penyakit dan hama) dan cekaman abiotik (kekeringan, dll). Di negara-negara penghasil utama jagung, telah dibentuk pola heterotik sebagai sumber galur tetua hibrida yang memiliki tingkat heterosis dan potensi hasil tinggi. Di Amerika Serikat, Pola Heterotik yang terkenal yaitu pasangan grup *Lancaster Surecrop* (LSC) dan grup *Reid Yellow Dent* (RYD). Populasi Iowa *Stiff Stalk Synthetic* (BSSS) berasal dari grup RYD (Smith, 1988). Pasangan Mo17 x B73 hibrida silang tunggal yang sangat populer pada masanya, dimana galur Mo17 berasal dari grup LSC dan B73 berasal dari grup RYD. Dua galur inbrida ini telah banyak diperbaiki dengan cara menyisipkan gen-gen dari jagung introduksi dari Amerika Latin seperti Brazil. Hibrida yang dihasilkan lebih tinggi hasilnya dibandingkan dengan hibrida Mo17 x B73. Hal ini berarti bahwa gen-gen unggul jagung introduksi dari Brazil memperbaiki keragaan hibrida asal Amerika Serikat (Mejaya dan Lambert, 1992a; 1992b; 2003). Di daerah tropis beberapa pola heterotik yang potensial yaitu Tuxpeno x ETO, Tuson x Tuxpeno, Cuba flint x Tuxpeno, Suwan 1 x Tuxpeno (Reif, 2005).

Di Indonesia, sejak tahun 1993 telah dibentuk pola heterotik jagung digunakan pasangan populasi Malang Sintetik (MS) J1 dengan J2 versi umur dalam yaitu sekitar 100 hari setelah tanam (Gambar 4), dan MS K1 dengan K2 versi umur genjah sekitar 90 hari setelah tanam. Populasi MS J1 dibentuk dari 13 galur S6 yang berasal dari tujuh populasi/varietas komposit yaitu MK9, Kalingga, Wiyasa, Harapan, Rama, Pop. 27, dan Muneng Sintetik 3 dengan penguji (*tester*) galur GM 15; sedangkan Populasi MS J2 dibentuk dari 20 galur S3-S4 yang berasal dari empat populasi/varietas komposit yaitu Genteng Kuning, Pop. 24, Suwan 3, dan Pop. 28) dengan penguji Suwan 1. Populasi MS K1 dibentuk dari 24 galur S6 yang berasal dari enam Populasi/varietas komposit (MKA, MKF, Acer, Pop.31, Pool 1, dan Pool 2) dengan penguji Suwan 2, sedangkan Populasi MS K2 dibentuk dari 20 galur S3 yang berasal dari satu Populasi (Suwan 2) dengan penguji GM 15 (Dahlan *et al.*, 1996).



Gambar 4. Tongkol pasangan populasi Malang Sintetik J1 (foto kiri) dan J2 (foto kanan).

Populasi MS J1 dan MS J2 diperbaiki potensi hasilnya dengan metode *Reciprocal Recurrent Selection (RRS)* atau Seleksi Berulang Berbalasan (SBB) sejak 1993. Seleksi berulang adalah seleksi yang dilakukan terhadap individu tanaman yang mempunyai karakter yang diinginkan dan selanjutnya melakukan persilangan untuk menghasilkan populasi baru. Seleksi berulang merupakan suatu siklus seleksi dalam pemuliaan tanaman untuk mengumpulkan alel-alel yang baik (diinginkan) yang dilanjutkan dengan rekombinasi genetik tanaman terpilih untuk membentuk populasi daur berikutnya ( $C_{0+n}$ ) yang lebih baik daripada populasi asal ( $C_0$ ). Prinsip seleksi berulang adalah memilih famili-famili yang diinginkan dan membuat persilangan antara famili terpilih melalui rekombinasi, dan menanam kembali benih hasil rekombinasi untuk diseleksi lagi. Dengan cara ini akan diperoleh populasi yang lebih baik daripada populasi awal (Mejaya *et al.*, 2007).

Pada seleksi berulang dilakukan persilangan antar individu terseleksi dan digunakan uji keturunan untuk mengetahui induk yang diharapkan Satu daur (siklus) SBB terdiri dari empat musim tanam (generasi) dengan tahapan seleksi sebagai berikut (Dahlan *et al.*, 1996; Mejaya *et al.*, 2006b; 2007):

**Tahun ke-1, Musim ke-1:**

- 1) Pembentukan galur  $S_1$ . Silang sendiri (*selfing*) tanaman terpilih pada Populasi asal daur ke-0 ( $C_0$ ) J1 dan J2.

**Tahun ke-1, Musim ke-2:**

- 2) Pembentukan Silang Puncak (*top cross*) galur  $S_1$ . Tanaman galur  $S_1$  yang dibentuk pada musim ke-1 dilakukan penyaringan (*screening*) terhadap penyakit bulai. Hanya tanaman yang tahan bulai dilakukan selfing untuk pembentukan galur  $S_2C_0$ . Sebagian tepungsari tanaman-tanaman dari galur-galur  $S_1$  yang tahan bulai pada populasi J1 digabung (*bulk*) dan digunakan untuk menyerbuki tanaman yang tahan bulai pada galur yang berasal dari

populasi J2 hingga diperoleh minimal 300 Silang Puncak (SP) antara galur  $S_1J_2$  dengan populasi J1. Sebaliknya, sebagian tepungsari tanaman-tanaman dari galur-galur  $S_1$  yang tahan bulai pada populasi J2 digabung untuk menyerbuki tanaman yang tahan bulai pada galur populasi J1 hingga diperoleh minimal 300 Silang Puncak  $S_1J_1 \times$  Populasi J2.

#### **Tahun ke-2, Musim ke-3:**

- 3) Evaluasi Silang Puncak (SP). Galur-galur  $S_1$  dari populasi J1 dievaluasi daya gabungannya dengan populasi J2, dan sebaliknya galur-galur  $S_1$  dari populasi J2 dievaluasi daya gabungannya dengan populasi J1. Sebanyak total 256 genotipe yang terdiri dari 250 SP ditambah 6 genotipe sebagai pembanding (Cek) yaitu 2 Populasi (J1 dan J2)  $C_0$ , 2 varietas unggul hibrida dan 2 varietas unggul komposit diuji lapang dalam rancangan alfa latis sederhana  $16 \times 16$  dengan dua ulangan. Setiap SP dan Cek ditanam pada plot baris tunggal panjang 5 meter dengan jarak tanam  $70 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  (1 tanaman per lubang). Evaluasi Silang Puncak dilaksanakan minimal di satu lokasi Kebun Percobaan.

#### **Tahun ke-2, Musim ke-4:**

- 4) Rekombinasi galur-galur terpilih. Berdasarkan hasil dari evaluasi SP pada Musim ke-3, maka pada tiap populasi dilakukan seleksi galur  $S_1$  yang memberikan daya gabung (hasil tertinggi dengan intensitas seleksi 8-10%, maka sebanyak 20-25 galur  $S_1$  terpilih dari 250 galur  $S_1$  kemudian dilakukan rekombinasi yaitu penggabungan sifat (karakter) yang dikehendaki berupa saling-silang (*inter cross*). Jika 20 galur terseleksi maka jumlah minimal kegiatan saling silang atau rekombinasi  $C(20,2) = 190 F_1$ , jika dilakukan dua kali persilangan setiap kombinasi artinya terdapat 380  $F_1$ . Benih hasil panen dicampur dengan jumlah biji yang sama (*bulk*) sehingga pada generasi siklus berikutnya ( $C_{0+n}$ ) diharapkan populasi telah mengalami perbaikan karakter selama satu daur (siklus) seleksi.

Tahapan seleksi pada daur ke-0 atau  $C_0$  tersebut di atas diulang pada daur ke-1 atau  $C_1$  pada populasi J1 dan J2 untuk membentuk populasi daur ke-2 yaitu  $J1C_2$  dan  $J2C_2$ . Demikian seterusnya hingga tidak terjadi peningkatan hasil antara populasi ( $C_{0+n}$ ) dengan populasi berikutnya. Pada setiap daur seleksi sebanyak 10 galur  $S_2$  yang mempunyai daya gabung khusus (DGK) baik atau hasil biji tertinggi dapat dibuat calon varietas bersari bebas Sintetik atau dibuat hibrida dengan galur dari populasi pasangannya yaitu antara galur J1 dengan J2. Dari SSB ini, telah diperoleh satu galur sebagai tetua penguji (*tester*) yaitu galur Mr 04 (berasal dari populasi J1). Galur Mr 4 dan galur Mr 14 (berasal dari populasi Suwan 3 yang merupakan tetua dari populasi J2) memiliki daya gabung khusus yang baik sehingga dilepas sebagai varietas hibrida Bima-1. Galur Mr 04 dan Mr 14 ini juga digunakan sebagai tetua penguji untuk galur-galur yang berasal dari luar kelompok heterotik MS J1 dan MS J2 (Dahlan *et al.*, 1996; Mejaya *et al.*, 2006a). Nama dan populasi asal dari galur-galur tetua penyusun varietas jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang dilepas tahun 1992-2016 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Populasi asal galur-galur tetua penyusun varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang dilepas tahun 1992-2016.

No.	Varietas Hibrida	Tahun Dilepas	Nama Galur Tetua			Populasi Asal Galur Tetua		
			Betina	Jantan	Jantan	Betina	Jantan	Jantan
1	Semar-1*	1992	GM 12	GM 19	GM 15	Pop.28	Pop.28	MK 9
2	Semar-2*	1992	GM 25	GM 30	GM 27	Pop.31	Acer	Pool 1
3	Semar-3*	1996	GM 26	GM 30	GM 15	Arjuna	Acer	MK 9
4	Semar-4*	1999	Mr 1	Mr 2	Mr 3	K1C0	K1C0	K2C0
5	Semar-5*	1999	Mr 5	Mr 6	<b>Mr 4</b>	J1C0	J1C0	J1C0
6	Semar-6*	1999	Mr 7	Mr 8	<b>Mr 4</b>	J1C0	J1C0	J1C0
7	Semar-7*	1999	Mr 8	Mr 6	<b>Mr 4</b>	J1C0	J1C0	J1C0
8	Semar-8*	1999	Mr 9	Mr 10	GM 15DMR	SW2C7	SW2C7	MK 9
9	Semar-9*	1999	Mr 11	Mr 12	GM 15DMR	SW2C7	SW2C7	MK 9
10	Semar-10*	2001	Mr 13	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	J1C0	J1C0	SW3C3
11	Bima-1	2001	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	-	J1C0	SW3C3	-
12	Bima-2 B.	2007	B11-209	<b>Mr 14</b>	-	TAMNET	SW3C3	-
13	Bima-3 B.	2007	Nei 9008	<b>Mr 14</b>	-	TAMNET	SW3C3	-
14	Bima-4	2008	G 180	<b>Mr 14</b>	-	TAMNET	SW3C3	-
15	Bima-5	2008	G 193	<b>Mr 14</b>	-	TAMNET	SW3C3	-
16	Bima-6	2008	<b>Mr 14</b>	NT 150	-	SW3C3	Pop. Sin.	-
17	HJ-21 A.	2014	N 79	<b>Mr 14</b>	-	TAMNET	SW3C3	-
18	Bima 12Q**	2011	MR4Q	MR14Q	-	CIMMYT	CIMMYT	-
19	Bima 13Q**	2011	CML162	CML165	-	CIMMYT	CIMMYT	-
20	Bima Putih 1**	2012	CML140	CML264Q	-	CIMMYT	CIMMYT	-
21	Bima Putih 2**	2012	CML143	CML264Q	-	CIMMYT	CIMMYT	-
22	Pulut URI 3H**	2013	PV.Syn-1	GR.FS-20-1-4-3-#-2	5-7-6-#-3	Vietnam	Gorontalo	-
23	JH-27	2015	CY 7	<b>Mr 14</b>	-	EVT13	SW3C3	-
24	JH-234	2015	CY 10	<b>Mr 14</b>	-	EVT13	SW3C3	-
25	JH-36	2016	Nei 9008P	GC 14	-	SW1C9	SW/CLYN	-
26	JH-45	2016	B11-209	AMB-231	-	TAMNET	SW/CLYN	-

\* Hibrida Silang Tiga Jalur (STJ); \*\*Hibrida jagung khusus  
 Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016

Beberapa varietas dibentuk dari dua atau tiga galur dan sesuai dengan pasangan populasi pada pola heterotik antara lain hibrida Silang Tiga Jalur (STJ) varietas Semar-4. Penyusun hibrida Semar-4 yaitu galur Mr 1 dan Mr 2 berasal dari populasi K1, sedangkan Mr 3 berasal dari populasi K2. Ini berarti Semar-4 dibentuk dari pasangan yang sesuai pola heterotik yaitu populasi K1 dan K2. Galur penyusun hibrida Semar-5 hingga Semar-7 hanya berasal dari Populasi J1 yang berarti tidak sesuai pola heterotik J1 dan J2 (Tabel 1).

Kegiatan SBB untuk merakit varietas unggul jagung hibrida merupakan kegiatan yang berkesinambungan dari tahun ke tahun yaitu dimulai pembentukan populasi dasar, perbaikan populasi sebagai sumber galur, seleksi galur hingga uji adaptasi calon varietas unggul jagung hibrida. Disamping itu juga dilakukan seleksi toleran cekaman biotik dan abiotik dapat dilakukan melalui seleksi berulang sehingga dihasilkan varietas bersari bebas antara lain varietas Gumarang, Lamuru, dan Palakka yang dilepas tahun 2000-2002 (Tabel 2).

Tabel 2. Varietas jagung bersari bebas (non-hibrida) rakitan Balitbangtan.

No. Varietas bersari bebas	Tahun dilepas	Populasi Asal	Hasil biji (ton/ha)		Umur panen (hari)
			Potensi	Produktivitas	
1 Lagaligo	1996	Arjuna-Rama	7,50	5,25	90
2 Kresna	2000	AC.C7	7,00	5,20	90
3 Gumarang	2000	MS.K2.C2	8,00	5,00	82
4 Lamuru	2000	MS.J2.C2	7,60	5,60	95
5 Palakka	2002	MS.J2.C1	8,00	6,00	95
6 Srikandi Kuning 1	2004	S99TLYQ-AB	8,00	5,40	95
7 Srikandi Putih 1	2004	S98TLWQ(F/D)	8,09	5,41	95
8 Sukmaraga	2003	AMATL.HS.C1	8,50	5,85	98
9 Anoman 1	2006	TUX.SEQ.C6	6,00	4,70	98
10 URI 3	2013	Rec.6 Galur S4	5,22	4,24	87
11 Provit A1	2011	Obatanpa(Pro-A) BC1C2-F2	7,50	6,75	92
12 Provit A1	2011	KUI Caratenoid Syn	7,20	6,14	92
13 Srikandi Depu 1	2017	P66C0.QPM.TLYQ	8,66	7,40	95

Sumber: Hermanto *et al.*(2009)

Varietas Gumarang, Lamuru, dan Palakka masing-masing berasal dari Populasi MS.K2.C2, MS.J2.C2, dan MS.J2.C1 yang merupakan hasil dari kegiatan perbaikan pola heterotik melalui SBB yang dimulai tahun 1993 (Mejaya *et al.*, 2006a). Varietas Lagaligo berasal dari varietas Arjuna yang diperbaiki dengan metode seleksi *Half-sib* (Saudara Tiri) dengan varietas Rama sebagai tetua penguji pada 20 galur S4. Varietas Kresna berasal dari populasi Cetar yaitu persilangan antara aksesori lokal Cetek Jawa Timur dengan varietas Arjuna dan disilangkan kembali dengan Arjuna (Cetek/Arjuna/Arjuna) untuk karakter umur genjah (Tabel 2).

## 2.4. Kemajuan Seleksi

Pada setiap tahapan penyerbukan sendiri atau silang dalam, terjadi *inbreeding* yaitu keadaan heterozygous suatu inbrida berkurang 50% yang menyebabkan vigor atau keragaan tanaman  $S_1$  atau  $S_n$  semakin lemah dibandingkan dengan populasi asal atau  $S_{n-1}$ . Keragaan tanaman yang paling terpengaruh akibat silang sendiri yaitu tinggi tanaman yang semakin pendek, daya hasil biji berkurang yang diakibatkan oleh ukuran tongkol dan biji yang lebih kecil. Keragaman genetik berupa variasi antar individu dalam suatu populasi dan metode seleksi yang digunakan sangat menentukan dalam pemuliaan tanaman untuk memperoleh kemajuan seleksi yang besar. Perbaikan genetik dapat dilakukan dengan tahapan pembentukan famili, baik famili yang dibentuk dari kawin diri (*selfing*), famili saudara kandung (*full sib*), maupun famili saudara tiri (*half sib*). Famili-famili yang terbentuk kemudian dievaluasi, dan selanjutnya famili-famili terpilih direkombinasi untuk membentuk populasi daur berikutnya.

Kemajuan seleksi dapat dievaluasi dengan menghitung keragaman genetik suatu Populasi dasar. Parameter genetik dan korelasi genotifik atau fenotipik suatu karakter dari populasi jagung berguna untuk mengetahui kemajuan seleksi. Kemajuan seleksi erat hubungannya dengan nilai “heritabilitas” suatu Populasi yang diperbaiki berupa peningkatan atau penurunan nilai karakter yang diinginkan. Heritabilitas merupakan proporsi ragam genetik terhadap ragam fenotipik yang dapat diwariskan kepada keturunannya yaitu nilai kemajuan seleksi yang diperoleh dari seleksi dan rekombinasi individu terbaik dalam populasi. Nilai heritabilitas suatu karakter berkisar antara 0 hingga 1. Nilai heritabilitas di atas 0,5 digolongkan tinggi yang berarti bahwa suatu karakter lebih besar dipengaruhi oleh faktor atau ragam genetik daripada ragam lingkungan. Nilai 0 menunjukkan bahwa keragaman fenotipe disebabkan oleh faktor lingkungan. Nilai heritabilitas 1 menunjukkan bahwa keragaman fenotipe disebabkan oleh faktor genetik. Nilai heritabilitas ditentukan oleh metode dan populasi yang digunakan. Nilai heritabilitas tinggi dapat dilakukan dengan menggunakan metode seleksi massa atau seleksi galur murni pada generasi awal suatu seleksi. Sedangkan karakter yang memiliki nilai heritabilitas rendah, dapat menggunakan metode seleksi pedigree, penurunan satu biji, dan uji turunan pada generasi lanjut. Heritabilitas dapat dihitung dari nilai duga komponen ragam genetik dan fenotipik dari hasil analisis ragam berdasarkan percobaan pada berbagai lokasi dan musim. Rancangan satu faktor yaitu menanam progeni pada satu lingkungan (kombinasi lokasi-musim atau tahun) bila interaksi genotipe x lingkungan dianggap tidak penting, atau pada dua atau lebih lingkungan bila interaksi genotipe x lingkungan dianggap penting. Genotipe, ulangan, dan lingkungan dianggap sebagai acak (Bernardo, 2002) (Tabel 3).

Ragam Progeni dapat dihitung:

$$V_{Progeni} = (KT_p - KT_{PE})/re$$

Interpretasi genetik dari  $V_{Progeni}$  tergantung pada tipe Progeni yang ditanam antara lain famili saudara tiri (*half sibs*) dan saudara kandung (*full sib*).

1. Famili saudara tiri. Jika tidak terdapat epistasis, maka komponen ragam

$$V_{Progeni} = [(1 + F)/4] \times (V_A)$$

$V_A = [4/(1 + F)] \times V_{Progeni}$ ;  $F$  adalah koefisien silang dalam (*inbreeding*) dari famili saudara tiri

Tabel 3. Analisis ragam pada rancangan satu faktor.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan
Lingkungan (E)	$e - 1$		
Ulangan/E	$(r - 1)e$		
Progeni	$n - 1$	$KT_p$	$V_\varepsilon + rV_{PE} + reV_p$
Progeni x E	$(n - 1)(e - 1)$	$KT_{PE}$	$V_\varepsilon + rV_{PE}$
Galat	$(n - 1)(r - 1)e$	$KT_{galat}$	$V_\varepsilon$

2. Famili saudara kandung. Jika tetua jantan dan betina memiliki tingkat silang dalam yang sama, maka komponen ragam adalah:

$$V_{\text{Progeni}} = \{ [(1 + F)/2] \times (V_A) \} + \{ [(1 + F)^2]/4 \} \times (V_D)$$

$V_A$  dan  $V_D$  tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

$$\text{Nilai heritabilitas arti sempit } (h^2) = V_A / V_{\text{Progeni}}$$

Kemajuan seleksi ( $G$ ) =  $(i)(\sqrt{V_{\text{Progeni}}})(h^2)$ ; dimana  $i$  adalah intensitas seleksi dengan nilai 1,76 untuk persentase seleksi 10%;  $\sqrt{V_{\text{Progeni}}}$  adalah simpangan baku fenotipe (progeni) populasi; dan  $h^2$  adalah heritabilitas arti sempit. Perkiraan kemajuan seleksi ditentukan oleh besarnya nilai heritabilitas, simpangan baku fenotipe, dan intensitas seleksi populasi yang diseleksi. Jika nilai heritabilitas tinggi, maka kemajuan seleksi yang diperoleh akan semakin tinggi. Nilai intensitas seleksi tergantung pada persentase tanaman yang diseleksi dalam populasi. Dengan menurunkan persentase seleksi menjadi 5% dari 10%, maka nilai intensitas seleksi akan meningkat dari 1,76 menjadi 2,06. Akan tetapi persentase seleksi tergantung pada jumlah individu tanaman yang ada dalam populasi agar tidak terjadi efek silang dalam (*inbreeding depression*) yang tinggi akibat terbatasnya jumlah tanaman terseleksi yang direkombinasi untuk membentuk populasi siklus berikutnya. Untuk jagung, minimal jumlah tanaman atau galur yang dipilih yaitu 20 dari 250 tanaman atau galur yang dievaluasi.

Kemajuan seleksi melalui metode SBB pada Populasi J2 selama 5 daur seleksi (C5) telah meningkatkan hasil biji sebesar 339 kg/daur seleksi. Pada uji daya hasil di lima lokasi tahun 2004, Populasi J2C5 memberikan hasil 7,38 ton/ha yaitu 16% lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pada Populasi J2C2 (varietas Lamuru) atau meningkat 5,33% per daur seleksi. Hal ini menunjukkan bahwa SBB cukup efektif meningkatkan hasil pada Populasi J2 (Dahlan *et al.*, 2004). Kemajuan seleksi melalui metode seleksi Saudara Kandung (*Half-sib*) pada Populasi Acer (Arjuna x Cetar) selama 5 daur seleksi (C5) telah meningkatkan hasil biji, umur berbunga, dan umur panen masing-masing sebesar 37%, 4%, dan 4%. Hasil biji memberikan koefisien keragaman genetik (KKG) 16,2% yaitu tertinggi diantara karakter yang diamati, ini berarti bahwa dalam evaluasi ini hanya hasil biji yang memiliki keragaman genetik yang tinggi sehingga perbaikan karakter ini akan memberikan kemajuan yang lebih besar dibandingkan karakter yang lain. Dengan intensitas seleksi 10% berdasarkan hasil biji, diharapkan kemajuan genetik (R1) daur berikutnya (C6) untuk hasil biji sebesar 22,8% yang diikuti oleh peningkatan umur berbunga, umur panen, dan tinggi tanaman masing-masing sebesar 0,42%, 0,96%, dan 1,74%. Hasil biji pada daur ke-4 (C4) dan daur ke-2 (C2) masing-masing 5,83 dan 5,71 ton/ha yaitu meningkat 0,06 ton/ha atau 1,05% per daur seleksi (Mejaya dan Moedjiono, 1994; Mejaya *et al.*, 1994). Kemajuan seleksi juga dapat dilakukan pada galur jagung S1 menggunakan indeks seleksi untuk hasil dan karakter agronomi lainnya (Mejaya dan Sholihin, 1993).



### III. SELEKSI KETAHANAN TERHADAP PENYAKIT

Cekaman biotik (hama dan penyakit) sering terjadi pada tanaman jagung saat pra panen dan pasca panen yang merupakan kendala dalam peningkatan produktivitas per satuan luas. Hama utama jagung pra panen antara lain lalat bibit, penggerek batang, dan penggerek tongkol. Penyakit utama jagung pra panen antara lain bulai, karat, hawar daun, busuk pelepah, dan busuk tongkol (Mejaya *et al.*, 1995). Akibat besarnya kerugian yang ditimbulkan pada tanaman yang terinfeksi hama dan penyakit maka upaya perakitan tanaman tahan terhadap hama dan penyakit wajib dilakukan. Daya hasil tinggi merupakan karakter akhir yang harus ditunjukkan oleh varietas unggul baik yang adaptif pada lahan optimal maupun sub optimal. Oleh karena itu seleksi galur untuk ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit utama sangat dibutuhkan dalam perakitan varietas unggul jagung hibrida. Pada buku ini hanya dibahas seleksi galur untuk ketahanan terhadap penyakit bulai, karat, dan hawar daun.

#### 3.1. Periode Kritis Tanaman terhadap Penyakit

Penyakit bulai disebabkan oleh cendawan atau jamur *Peronosclerospora maydis*. Dampak serangan penyakit ini dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 100% atau gagal panen terutama pada varietas peka dan apabila jamur menyerang tanaman jagung pada umur awal yaitu sebelum tanaman berbunga. Gejala penyakit yaitu adanya garis-garis berwarna putih hingga kekuningan sejajar dengan tulang daun (Gambar 5). Pada pagi hari, di permukaan bawah daun terdapat banyak lapisan berbulu halus berupa spora jamur berwarna putih yang terdiri atas konidiofor dan konidium jamur. Spora tersebut ditularkan melalui angin pada kelembaban yang tinggi. Saat tanaman berumur satu minggu hingga satu bulan setelah tanam merupakan periode tanaman yang sangat rentan terhadap bulai dan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, kerdil, dan mati. Penyakit bulai mengakibatkan gejala sistemik yang meluas ke seluruh bagian tanaman dan menimbulkan gejala lokal. Gejala sistemik terjadi bila infeksi cendawan mencapai titik tumbuh yang mengakibatkan semua daun terinfeksi terutama pada tanaman muda. Dampak dari infeksi ini yaitu tanaman menjadi kerdil dan tidak menghasilkan tongkol atau tongkol tidak sempurna. Pengendalian penyakit bulai dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Lamuru, Sukmaraga, dan Lagaligo, atau jagung hibrida varietas HJ-21, HJ-22, HJ-27, HJ-234, HJ-36, dan HJ-45 (Said, *et al.*, 2017; Wakman dan Burhanuddin, 2007; Pakki dan Muis, 2007; Pakki, 2014).

Penyakit karat daun disebabkan oleh cendawan atau jamur *Puccinia polysora*, sedangkan penyakit hawar daun disebabkan oleh cendawan *Helmintosporium turicum*. Dampak serangan penyakit karat daun dan hawar daun dapat mengakibatkan kehilangan hasil masing-masing 50% dan 70%. Gejala penyakit karat daun yaitu adanya bisul atau bercak-bercak (*uredinia*) bulat-oval kecil pada permukaan daun berwarna coklat kemerahan yang berubah menjadi



Gambar 5. Gejala tanaman jagung yang peka penyakit bulai yaitu berupa garis-garis serbuk putih kekuningan sejajar tulang daun.



Gambar 6. Gejala tanaman jagung terserang penyakit karat daun.  
Sumber foto kiri: Said, *et al.*, 2017.

hitam kecoklatan dan daun menjadi kering (Gambar 6). Penyebaran sporanya melalui angin dan menginfeksi tanaman jagung yang lain pada musim hujan dan musim kemarau. Pengendalian penyakit karat dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Lamuru, Sukmaraga, dan Palakka, atau jagung hibrida varietas Bima-1 dan Semar-10 (Said, *et al.*, 2017; Wakman dan Burhanuddin, 2007).



Gambar 7. Gejala tanaman jagung terserang penyakit dan hawar daun.  
Sumber foto kiri: Said, *et al.*, 2017.

Gejala penyakit hawar daun yaitu adanya bercak-bercak oval kecil pada awal tanaman terinfeksi, kemudian bercak makin memanjang berbentuk elips dan berkembang menjadi nekrotik yang disebut hawar (Gambar 7). Hawar muncul awalnya di bagian daun terbawah dan berkembang ke daun bagian atas. Hawar berwarna hijau keabu-abuan atau coklat merahan yang berubah menjadi hitam kecoklatan dan daun menjadi kering atau mati. Pengendalian penyakit hawar daun dilakukan antara lain dengan menanam varietas tahan yaitu jagung komposit varietas Bisma, atau jagung hibrida varietas Semar-2 dan Semar-5 (Said, *et al.*, 2017; Wakman dan Burhanuddin, 2007).

### 3.2. Metode Seleksi Ketahanan terhadap Penyakit

Seleksi untuk menghasilkan galur inbrida dapat dilakukan terhadap populasi, varietas, maupun galur yang ada. Metode seleksi yang umum digunakan antara lain: seleksi pedigree, seleksi silang balik, dan seleksi berulang berbalasan (Moentono, 1988; Takdir *et al.*, 2007). Pada setiap seleksi galur jagung selalu didahului dengan seleksi untuk meningkatkan ketahanan galur terhadap penyakit bulai. Seleksi dilakukan dengan menginokulasi galur dengan sumber inokulum bulai. Dua baris tanaman pinggir (*spreader rows*) diinokulasi dengan spora penyakit bulai (*Peronoscleropora maydis*) pada umur 14 hari setelah tanam dan dengan sumber inokulum bulai. Hanya tanaman yang tahan bulai yang diteruskan dengan silang diri (*selfing*) (Gambar 8). Sebagai tanaman pinggir digunakan varietas jagung yang peka bulai, karat dan hawar daun yaitu jagung



Gambar 8. Menyeleksi tanaman yang tahan terhadap bulai untuk diseling.

komposit varietas Anoman yang ditanam dua baris disekeliling petak pengujian empat minggu sebelum ditanamnya galur-galur yang akan diuji. Satu minggu setelah varietas Anoman ditanam, tanaman disemprot dengan suspensi konidia cendawan bulai pada malam hari (sekitar pukul 12 malam) agar suhu dingin untuk spora jamur bisa bertahan dan menempel pada permukaan daun tanaman jagung. Jika kondisi mendukung, maka dua hingga tiga minggu setelah diinokulasi, tanaman varietas Anoman akan terserang bulai. Setelah minimal 50% tanaman varietas Anoman terserang bulai maka ditanam galur-galur yang akan diuji dan diberi nomor galur di tiap plot yang berisi 1-2 baris sepanjang 5 meter dengan jarak tanam 75 x 20 cm dan dua ulangan dalam rancangan Latis Sederhana. Tiap lubang ditanam 3-4 biji untuk galur dan varietas pembanding peka dan tahan.

Seleksi terhadap karakter tanaman yang diinginkan dilakukan saat tanaman menjelang berbunga. Tanaman terpilih yaitu dengan karakter batang tanaman yang kokoh, bebas dari serangan hama dan penyakit terutama bulai, serta letak tinggi tongkol yang ideal yaitu maksimal separuh dari tinggi tanaman. Agar tidak terjadi penyerbukan silang pada tanaman terpilih, maka bunga betina (ujung tongkol) sebelum keluar rambut tongkol tersebut ditutup dengan kantong kertas atau plastik yang transparan agar terlihat rambut tongkol yang telah keluar. Tiap galur sebanyak 10 tanaman terpilih yang telah ditutup tongkolnya tersebut kemudian disilang dalamkan (*seling*) dengan menggunakan tepungsari dari tanaman yang sama. Beberapa hari menjelang panen dilakukan seleksi lagi dengan memilih tongkol tanaman yang besar, menutup rapat, berisi penuh dari ujung ke pangkal, bebas hama dan penyakit dan rendemen yang tinggi (Gambar 9). Pada saat panen, benih dari galur yang tahan setelah dipipil dan dikeringkan kemudian dimasukkan ke dalam satu kantong kertas (satu tongkol ke dalam



Gambar 9. Sebelum dipanen, dilakukan seleksi tongkol pada tanaman yang tahan bulai.

satu kantong kertas), serta kantong kertas diberi nomor urut sesuai dengan nomor pedigreenya dan merupakan nomor galur. Seleksi pedigree dilakukan pencatatan silsilah pada setiap anggota populasi yang bersegregasi dari hasil persilangan. Seleksi dilakukan pada karakter yang memiliki heritabilitas tinggi. Galur-galur yang telah mencapai tingkat keseragaman tertentu pada generasi silang dalam S6 dapat digunakan sebagai tetua untuk membentuk hibrida.

Perbaikan ketahanan suatu galur terhadap penyakit dapat dilakukan dengan seleksi silang balik yaitu persilangan antara keturunan dengan salah satu tetuanya. Hal ini untuk memperbaiki suatu sifat yang dikendalikan oleh gen tunggal dari genotipe unggul sebagai pendonor. Persilangan pertama antara tetua penerima dengan tetua pemberi menghasilkan F1. F1 sebagai tetua betina disilangkan dengan tetua penerima untuk mendapatkan populasi BC1. Pada silang balik kedua, BC1 sebagai tetua betina disilangkan dengan tetua penerima untuk mendapatkan BC2. Demikian seterusnya diulang, dan pada populasi BC4 sudah mengandung kembali 93,75% gen penerima. Pada akhir kegiatan, BC4 dikawinkan sendiri (*selfing*) sehingga terjadi segregasi dan diseleksi untuk mendapatkan galur harapan baru.

Ketahanan terhadap penyakit bulai varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 4. Secara umum, varietas jagung hibrida yang tahan terhadap penyakit bulai dibentuk dari tetua berupa galur inbrida yang tahan bulai pula. Demikian juga sebaliknya, varietas jagung hibrida yang peka terhadap penyakit bulai dibentuk dari tetua berupa galur inbrida yang peka bulai pula (Mejaya, 1994; Mejaya dan Moedjiono, 1995). Pengecualian terjadi pada varietas JH-27 dan JH-234 yang menunjukkan respon tahan terhadap penyakit bulai tetapi tidak didukung oleh galur inbrida yang tahan bulai. Ketahanan terhadap bulai dapat berubah pada waktu dan lokasi yang berbeda tergantung dari sumber inokulum dan kondisi lapang saat evaluasi terhadap penyakit bulai dilakukan atau ketahanan dapat meningkat dengan perbaikan melalui seleksi. Sebagai contoh yaitu galur Mr 14 menunjukkan respon agak tahan (AT) pada saat sebagai tetua Bima-1 (dilepas tahun 2001), agak toleran

Tabel 4. Ketahanan terhadap penyakit bulai varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan.

No.	Varietas	Tahun dilepas	Nama galur tetua		Ketahanan penyakit bulai*		
			Betina	Jantan	Varietas	Tetua Betina	Tetua Jantan
1	Bima-1	2001	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	AT	AT	AT
2	Bima-2	2007	B11-209	<b>Mr 14</b>	ATo	To	ATo
	Bantimurung						
3	Bima-3	2007	Nei 9008	<b>Mr 14</b>	To	To	ATo
	Bantimurung						
4	Bima-12Q	2011	<b>Mr 4Q</b>	<b>Mr 14Q</b>	P	P	P
5	HJ-21 Agritan	2014	N 79	<b>Mr 14</b>	T	T	T
6	HJ-22 Agritan	2014	SP 006	<b>Mr 14</b>	T	T	T
7	JH-27	2015	CY 7	<b>Mr 14</b>	T	AT	To
8	JH-234	2015	CY 10	<b>Mr 14</b>	T	AT	To
9	JH-36	2016	Nei 9008P	GC 14	T	T	AT
10	JH-45	2016	B11-209	AMB-231	T	T	AT

\*T = Tahan; AT = Agak Tahan; AP = Agak Peka; P = Peka; To = Toleran; ATo = Agak Toleran  
 Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

(ATo) saat sebagai tetua Bima-2 Bantimurung dan Bima-3 Bantimurung (keduanya dilepas tahun 2007), atau toleran (To) saat sebagai tetua JH-27 dan JH-234 (keduanya dilepas tahun 2015). Galur Mr 4 dan Mr 14 yang menunjukkan respon agak tahan (AT) pada saat sebagai tetua Bima-1, menjadi peka (P) bulai pada saat sebagai tetua Bima-12Q (dilepas tahun 2011), yang merupakan jagung QPM (*Quality Protein Maize*) yang mengandung kadar lisin dan tryptophan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung normal Bima-1 dan hibrida non-QPM lainnya (Tabel 4).

Seleksi ketahanan terhadap penyakit karat atau hawar daun dilakukan mengikuti metode pada seleksi bulai yaitu dengan menginokulasi galur dengan sumber inokulum jamur karat atau hawar daun. Ketahanan terhadap penyakit karat daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 5. Secara umum, varietas jagung hibrida yang tahan terhadap penyakit karat daun dibentuk dari tetua berupa galur inbrida yang tahan karat daun pula. Pengecualian terjadi pada varietas JH-27 dan JH-234 yang menunjukkan respon tahan terhadap penyakit karat daun tetapi tidak didukung oleh galur inbrida yang tahan karat daun.

Ketahanan terhadap penyakit hawar daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 6. Secara umum, varietas jagung hibrida yang tahan terhadap penyakit hawar daun dibentuk dari tetua berupa galur inbrida yang tahan karat daun pula. Pengecualian terjadi pada varietas JH-27 dan JH-234 yang menunjukkan respon tahan terhadap penyakit karat daun tetapi tidak didukung oleh galur inbrida yang tahan karat daun.

Tabel 5. Ketahanan terhadap penyakit karat daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan.

No. Varietas	Nama galur tetua		Ketahanan penyakit karat daun*		
	Betina	Jantan	Varietas	Tetua betina	Tetua jantan
1 Bima-1	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	AT	T	T
2 HJ-21 Agritan	N 79	<b>Mr 14</b>	T	T	T
3 HJ-22 Agritan	SP 006	<b>Mr 14</b>	T	T	T
4 JH-27	CY 7	<b>Mr 14</b>	T	AT	To
5 JH-234	CY 10	<b>Mr 14</b>	T	AT	To
6 JH-36	Nei 9008P	GC 14	T	T	AT
7 JH-45	B11-209	AMB-231	T	T	AT

\*T = Tahan; AT = Agak Tahan; AP = Agak Peka; P = Peka; To = Toleran; ATo = Agak Toleran  
 Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

Tabel 6. Ketahanan terhadap penyakit hawar daun varietas unggul jagung hibrida dan galur tetua rakitan Balitbangtan.

No. Varietas	Nama galur tetua		Ketahanan penyakit hawar daun pada*		
	Betina	Jantan	Varietas	Tetua betina	Tetua jantan
1 Bima-1	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	T	T	T
2 Bima-12Q	<b>Mr 4Q</b>	<b>Mr 14Q</b>	To	ATo	P
3 HJ-21 Agritan	N 79	<b>Mr 14</b>	T	T	T
4 HJ-22 Agritan	SP 006	<b>Mr 14</b>	T	T	T
5 JH-27	CY 7	<b>Mr 14</b>	T	AT	To
6 JH-234	CY 10	<b>Mr 14</b>	T	AT	-
7 JH-36	Nei 9008P	GC 14	T	T	AT
8 JH-45	B11-209	AMB-231	T	T	AT

\*T = Tahan; AT = Agak Tahan; AP = Agak Peka; P = Peka; To = Toleran; ATo = Agak Toleran  
 Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

Dari tiga jenis penyakit di atas, varietas JH-27 dan JH-234 menunjukkan pola respon yang sama terhadap penyakit bulai, karat daun, dan hawar daun yaitu varietas yang tahan tidak selalu didukung oleh galur inbrida yang tahan atau dalam kata lain, galur inbrida yang tidak tahan dapat menghasilkan varietas hibrida yang tahan terhadap penyakit bulai, karat daun, dan hawar daun.



#### IV. SELEKSI TOLERAN KEKERINGAN

Areal tanaman pangan di Indonesia terdiri dari lahan sawah (sawah irigasi dan non irigasi) dan lahan non sawah (lahan kering: tegal, ladang, dan terlantar). Pada tahun 2014, lahan sawah seluas 8,11 juta ha dengan sebaran 3,25 juta ha (40,03%) di pulau Jawa dan 4,87 ha (59,97%) di luar pulau Jawa. Lahan sawah irigasi seluas 4,76 juta ha (58,67%) dan sawah non irigasi seluas 3,35 juta ha (41,33%). Sawah non irigasi seluas 2,55 juta ha (75,95%) terdapat di luar pulau Jawa yang pengairannya tergantung dari air hujan (sawah tadah hujan). Lahan non sawah (lahan kering) terdiri dari lahan tegal, ladang, dan terlantar masing-masing dengan luasan 12,01 juta ha, 5,02 juta ha, dan 11,68 juta ha. Lahan kering tegal seluas 9,30 juta ha (77,44%) terdapat di luar pulau Jawa, yang terluas 0,79 juta ha terdapat di Maluku. Lahan kering ladang seluas 4,67 juta ha (92,97%) terdapat di luar pulau Jawa, dimana yang terluas 0,66 juta ha terdapat di Papua Barat. Lahan kering ini pengairannya tergantung dari air hujan dan berpotensi untuk perluasan areal tanaman jagung hibrida toleran kekeringan terutama pada MK I (Kementerian Pertanian, 2015; 2016; BPS, 2015).

Peningkatan produktivitas ke lahan suboptimal, seperti lahan kering atau lahan sawah tadah hujan dilakukan dengan penyediaan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan toleran kekeringan dengan karakteristik: umur super genjah (< 85 hari) atau lebih genjah 30 hari dibandingkan varietas yang ada di pasaran yang umumnya berumur sekitar 115-120 hari sebagai upaya untuk meminimalkan kegagalan panen akibat periode hujan yang pendek. Varietas unggul jagung berumur genjah diperlukan oleh banyak petani terutama untuk menyesuaikan pola tanam dan ketersediaan air. Varietas jagung berumur genjah umumnya cukup tangguh terhadap kekeringan. Hal ini penting karena pertanaman jagung di Indonesia sekitar 79% terdapat di lahan tegal dan 10% di lahan sawah tadah hujan yang memerlukan varietas umur genjah (<90 hari) dan toleran kekeringan. Jagung hibrida harus memiliki penampilan tanaman yang kokoh, perakaran yang kuat sehingga tahan rebah. Penampilan tongkol seragam dan besar (dengan janggol yang kecil), kelobot menutup rapat, tahan terhadap penyakit utama (bulai, karat, bercak daun), *stay green* (warna batang dan daun masih hijau saat jagung sudah siap untuk panen) untuk diintegrasikan dengan ternak sapi, dan tipe bijinya semi mutiara berwarna oranye (untuk pakan ternak ayam).

Bila mengacu pada target luas tanam jagung tahun 2017 seluas 4,93 juta ha (Kementerian Pertanian, 2016), maka terdapat 0,84 juta ha jagung ditanam pada musim kemarau I (April-Juni) dan 0,69 juta ha ditanam pada musim kemarau II (Juli-September). Apabila musim penghujan mengalami gangguan (mundur atau berkurang akibat El-Nino atau gangguan iklim lain), maka dapat diramalkan dari 1,53 juta ha luas tanam jagung pada MK I dan MK II akan mengalami penurunan luas tanam atau luas panen akibat kekeringan yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas dan produksi jagung nasional. Oleh karena itu perakitan varietas jagung hibrida toleran kekeringan dan umur genjah sangat diperlukan.

Lahan kering merupakan salah satu sumberdaya lahan potensial untuk perluasan areal tanam jagung. Akan tetapi lahan ini memiliki beberapa kendala antara lain kesuburan lahan dan sumber daya air yang tergantung dari air hujan (lahan tadah hujan). Di beberapa wilayah timur Indonesia, musim hujan umumnya terlalu pendek sehingga sering terancam resiko kekurangan air. Fenomena kekeringan pada tanaman jagung dapat terjadi akibat intensitas curah hujan yang rendah dan atau tidak merata akibat anomali iklim (menyimpang dari pola curah hujan normal) sebagai salah satu dampak dari perubahan iklim.

#### **4.1. Periode Kritis Tanaman terhadap Kekeringan**

Tanaman jagung memiliki tingkat toleransi yang cukup tinggi terhadap jenis tanah dan tingkat kesuburannya. Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan dan suhu terkait dengan interaksi antara karakter genotipe dengan lingkungan tumbuhnya sehingga perlu diuji respon genotipe tanaman terhadap keragaan terutama daya hasil. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman jagung selama satu musim tanam berkisar antara 783 mm hingga 984 mm, tergantung pada keadaan iklim, metode pengairan yang digunakan, dan varietas jagung yang ditanam (Eck, 1986). Tanaman jagung sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan terutama pada periode 2 minggu sebelum sampai dengan 2 minggu setelah berbunga. Kekeringan pada periode ini, tanaman akan mengalami peningkatan ASI (*Anthesis silking interval*) sehingga penyerbukan tidak sinkron dan pembentukan biji yang tidak optimal (Edmeades *et al.*, 1992). Kekeringan merupakan keadaan dimana kekurangan air pada setiap periode pertumbuhan tanaman dapat berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kekeringan dapat terjadi akibat suplai air yang kurang atau kebutuhan tanam yang sangat besar misal akibat tiupan angin yang keras atau suhu yang tinggi.

Fase pertumbuhan tanaman jagung yang paling kritis dan peka terhadap cekaman air yaitu pada fase pembungaan dan pengisian biji. Kegagalan dalam membentuk biji atau menurunnya biji sebagai akibat kekeringan dicirikan oleh gagalnya atau sulitnya proses persarian (polinasi) sebagai akibat tertundanya “silking” ataupun juga disebabkan karena menurunnya fotosintat yang dapat ditranslokasikan ke dalam biji. Tanaman menjadi terlambat waktu berbunganya dan interval berbunga semakin besar yaitu perbedaan antara antesis dan keluarnya rambut tongkol (*anthesis silking interval*), semakin banyak tanaman yang mandul dan tanaman menjadi pendek dan kerdil (Gambar 10). Penurunan hasil terjadi akibat terganggunya pertumbuhan tanaman terutama pembentukan biomassa karena bunga betina (rambut tongkol) mengering, sehingga jumlah biji dalam tongkol berkurang dan ukuran biji mengecil. Kekeringan pada fase pembungaan/penyerbukan atau pengisian biji dapat menurunkan hasil jagung yaitu hasilnya 30-60% dari kondisi normal, sedangkan bila kekeringan pada fase pembungaan hingga panen hasilnya 15-30% dari kondisi normal (Banzinger *et al.*, 2000).



Gambar 10. Tanaman jagung gagal panen akibat mengalami kekeringan.

Untuk mengurangi resiko kegagalan panen, akibat curah hujan yang pendek, maka salah satu cara yaitu dengan menanam jagung berumur genjah sehingga berpeluang dapat terhindar dari kekeringan sebelum tanaman berbunga. Varietas unggul jagung berumur genjah (kurang dari 90 hari setelah tanam) diperlukan petani terutama untuk menyesuaikan pola tanam dan ketersediaan air (Subandi *et al.*, 1988). Menurunnya produktivitas akan mengakibatkan penurunan produksi jagung nasional. Penanaman varietas jagung hibrida yang adaptif disertai penyediaan hara secara optimal melalui pemupukan NPK dan penyediaan kelembaban tanah yang cukup menjadi penentu utama peningkatan produktivitas jagung (Sutoro, 2015).

## 4.2. Metode Seleksi Toleran Kekeringan

Kegiatan lapang untuk mengevaluasi genotipe terhadap cekaman kekeringan dilakukan pada musim kemarau. Perlakuan pengairan pada petakan tanpa cekaman kekeringan, pemberian air dilakukan setiap dua minggu sekali sampai tanaman menjelang panen saat tanaman memasuki fase masak fisiologis dengan ditandai terbentuknya lapisan hitam (*black layer*) pada biji. Pemberian perlakuan pada petakan cekaman kekeringan, penghentian pemberian air pada dua minggu sebelum pembungaan (umur tanaman  $\pm$  35 HST) sampai saat panen. Hanya tanaman yang tahan bulai dan toleran kekeringan (keluar rambut tongkol dan tepungsari bunga jantan) yang dilakukan silang sendiri (Gambar 11 dan 12).

Salah satu cara mengidentifikasi genotipe jagung yang toleran kekeringan yaitu menggunakan kriteria seleksi: Indeks Toleransi Cekaman (ITC), Indeks Adaptasi (IA), dan Indeks Toleransi (IT). Genotipe atau galur inbrida yang memiliki nilai ITC dan IA yang tinggi menunjukkan genotipe tersebut relatif toleran kekeringan dan hasil biji tinggi, sehingga genotipe tersebut berpotensi untuk dijadikan tetua pada program pemuliaan perakitan varietas hibrida toleran kekeringan. Pada setiap seleksi, tingkat toleran suatu genotype diukur dari Indeks



Gambar 11. Seleksi tanaman jagung terhadap cekaman kekeringan.



Gambar 12. Tongkol hasil seleksi tanaman jagung terhadap kekeringan.

toleran cekaman (ITC) dihitung berdasarkan peubah hasil dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Fernandez (1992):  $ITC = (Y_{pi} \times Y_{si}) / Y_p^2$ , dimana  $Y_{si}$  adalah hasil biji dari suatu genotipe pada kondisi cekaman kekeringan,  $Y_{pi}$  adalah hasil biji dari suatu genotipe pada kondisi pengairan normal, dan  $Y_p$  adalah rata-rata hasil biji dari seluruh genotipe pada kondisi normal. Kriteria untuk menentukan tingkat toleransi terhadap cekaman kekeringan adalah jika nilai  $ITC \leq 0,5$  maka genotipe tersebut sangat peka cekaman kekeringan, jika  $0,75 \leq ITC < 0,5$  maka genotipe tersebut peka cekaman kekeringan, jika  $1,0 \leq ITC < 0,75$  maka genotipe tersebut medium toleran cekaman kekeringan, dan jika  $ITC > 1,0$  maka genotipe tersebut toleran cekaman kekeringan. Seleksi kekeringan untuk jagung khusus dilaksanakan pada fase atau setelah 50 HST dibuat lingkungan tercekam kekeringan sampai masak fisiologis, dan sebagai cek normal adalah air diberikan rutin sesuai kebutuhan tanaman hingga menjelang panen. Hasil percobaan terdapat 18 galur S2 dengan  $ITC > 1,0$ . Hasil saling silang menghasilkan varietas jagung komposit Anoman 1 yang kini ditanam petani sebagai pangan jagung biji putih. Dewasa ini Anoman 1 penyebarannya terutama di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan seluruh daratan Sulawesi (Yasin *et al.*, 2007a, b; 2010; 2016).

Di lahan sawah, tanaman jagung biasanya diusahakan setelah panen padi, sehingga diperlukan varietas-varietas jagung berumur genjah. Pertanaman jagung di Indonesia sekitar 79% terdapat di lahan tegal dan 10% di lahan sawah tadah hujan yang memerlukan varietas umur sangat genjah (<90 hari) toleran kekeringan (Kementerian Pertanian, 2016). Tanaman jagung berumur genjah sangat diperlukan petani terutama pada lahan tegal yang sering mengalami kekeringan pada fase pengisian biji. Dalam keadaan kekeringan akan menurunkan hasil biji, berat tongkol, memperlambat waktu berbunga dan memperbesar interval berbunga (perbedaan antara keluarnya biji jantan dan keluarnya rambut tongkol), memperpendek tanaman dan memperbesar tanaman yang mandul. Varietas unggul jagung berumur genjah diperlukan oleh banyak petani terutama untuk menyesuaikan pola tanam dan ketersediaan air. Di lahan sawah, tanaman jagung biasanya diusahakan setelah panen padi, sehingga diperlukan varietas-varietas jagung berumur genjah. Selain itu, tanaman jagung berumur genjah juga berpotensi untuk dimanfaatkan oleh petani sebagai tanaman antar musim tanaman tembakau. Di beberapa daerah seperti di Madura, Jawa Timur, petani menanam jagung umur genjah yang ditumpangсарikan dengan kacang hijau. Di Madura, petani lebih menyukai varietas jagung dengan ukuran biji kecil dan warna biji oranye sebagai bahan pangan pokok atau diekspor untuk pakan burung (Mejaya dan Ishartati, 1997).

Balitbangtan telah mengantisipasi dampak perubahan iklim berupa kekeringan pada tanaman jagung dengan penyediaan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan toleran kekeringan dengan umur yang genjah (80 hari) untuk meminimalkan kegagalan panen akibat periode hujan yang pendek. Indriani dan Mejaya (2012) menemukan bahwa genotipe jagung berumur genjah lebih toleran terhadap kekeringan dibanding yang berumur dalam. Iriany *et al.* (2007) menyeleksi beberapa genotipe jagung introduksi dari CIMMYT, Mexico yang memiliki indek toleran kekeringan yang tinggi sebagai induk untuk perakitan jagung hibrida toleran kekeringan. Dari sejumlah varietas jagung hibrida yang telah dirilis oleh Balitbangtan, terdapat delapan varietas adaptif lahan sub optimal (toleran kekeringan atau umur genjah) yaitu varietas Bima 2, Bima 3, Bima 4, Bima 19 URI, Bima 20 URI, HJ21 Agritan, HJ22 Agritan, dan JH 36 (Tabel 7). Dua varietas tergolong berumur genjah (Umur  $\leq$  90 HST) yaitu HJ21 Agritan dan HJ22 Agritan.

Jagung hibrida varietas Bima 3 dan Bima 4 memiliki karakter toleran kekeringan dengan potensi hasil masing-masing 10,5 dan 11,7 ton/ha yaitu lebih tinggi dibandingkan jagung komposit varietas Lamuru dengan hasil 7,6 ton/ha. Varietas Lamuru telah berkembang di daerah kering beriklim kering di Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Selatan. Uji adaptasi beberapa varietas jagung hibrida yang dilakukan pada agosistem lahan kering pada musim kemarau 2012 di Maluku menunjukkan bahwa jagung hibrida varietas Bima 4 memberikan hasil tertinggi 10,31 ton/ha yaitu 30% dan 210% diatas hasil varietas unggul jagung komposit terbaik (varietas Sukmaraga) dan varietas lokal jagung komposit terbaik yaitu Orange Hati Putih (Kaihatu dan Pasireron, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa jagung hibrida memiliki berpotensi untuk

Tabel 7. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan adaptif lahan sub optimal dan berumur genjah.

No.	Varietas	Tipe hibrida*	Tahun dilepas	Umur panen (HST)	Rerata hasil (t/ha)	Potensi hasil (t/ha)	Keunggulan
1	Bima-2 Bantimurung	ST	2007	100	8,51	11,00	Adaptif lahan sub optimal
2	Bima-3 Bantimurung	ST	2007	100	8,27	10,00	Adaptif lahan sub optimal
3	Bima-4	ST	2008	102	9,69	11,70	Adaptif lahan sub optimal
4	Bima-19 URI	STJ	2013	102	9,30	12,50	Adaptif lahan sub optimal
5	Bima-20 URI	STJ	2013	102	11,00	12,80	Adaptif lahan sub optimal
6	HJ-21	ST	2014	82	11,40	12,20	Umur genjah
7	HJ-22	ST	2014	80	10,90	12,10	Umur genjah
8	JH-36	ST	2016	89	10,60	12,20	Umur genjah

\*ST = Silang Tunggal; STJ = Silang Tiga Jalur

Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

dikembangkan pada lahan sub optimal terutama pada agoekosistem lahan kering pada musim kemarau.

Varietas Bima 3 yang ditanam pada lahan sawah dan lahan kering di Nusa Tenggara Timur, menunjukkan hasil 8,47-8,81 ton/ha. Secara umum petani menyukai varietas Bima3 karena hasilnya tinggi, tahan bulai, dan daunnya saat panen masih hijau sehingga dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak. Varietas Bima 3 yang ditanam di Jeneponto, Sulawesi Selatan yang beriklim kering pada musim tanam II memberikan hasil 9,80 ton/ha yaitu lebih tinggi dibandingkan jagung komposit varietas Bisma (8,10 ton/ha), dan komposit varietas Lamuru (8,00 ton/ha). Pengujian di Kediri, Jawa Timur, menunjukkan varietas Bima-3 lebih tahan bulai (dengan tingkat serangan 6,70%) dibandingkan komposit varietas Lamuru dan Srikandi Kuning dengan tingkat serangan masing-masing 20,50% dan 85,50% (Balitsereal, 2014).

Varietas Bima 3 Balitbangtan juga tahan penyakit bulai yang merupakan penyakit yang banyak menyerang tanaman jagung di Jawa timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Kalimantan Barat, dll. Jagung hibrida varietas Bima 14 dan Bima 15 mempunyai potensi hasil pipilan kering mencapai 13 t ha/ha, memiliki daun yang tetap hijau (*stay green*) walaupun jagung telah umur masak panen, serta toleran kekeringan. Varietas hibrida Bima 19 URI tahan bulai yang merupakan penyakit penting tanaman jagung, hasil mencapai di atas 12 t/ha, tahan rebah dan juga dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak sapi karena daun jagung Bima 19 URI biomasnya tinggi. Varietas hibrida HJ 21 dan HJ 22 Agritan. HJ 21 Agritan umurnya sangat genjah (81 hari) dibandingkan hibrida di pasaran yang umurnya mencapai 105 hari (Balitsereal, 2014).

Selain toleran kekeringan, jagung varietas Bima 19 URI dan Bima 20 URI juga tahan bulai, karat dan hawar daun. Dengan budi daya yang tepat dan pada musim yang mendukung, hasil jagung hibrida Bima 19 URI dan Bima 20 URI dapat mencapai di atas 12 t/ha. Keunggulan lain varietas jagung ini tahan rebah dan juga dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak sapi karena daun jagung BIMA 20 URI tetap hijau (*stay green*) walaupun jagung telah umur masak panen. Varietas jagung hibrida Balitbangtan memiliki keunggulan pada lahan sub optimal yaitu varietas Bima-3 memberikan hasil yang lebih tinggi (12,07 ton/ha) dan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan varietas multinasional pada lahan sawah tadah hujan (Syuryawati dan Faesal, 2016). Jagung hibrida Bima-3 disukai petani karena hasil yang lebih tinggi, lebih tahan penyakit bulai, lebih toleran kekeringan, tanaman relatif lebih hijau saat masak fisiologis (sehingga cocok untuk biomass) dibandingkan varietas hibrida perusahaan benih multinasional. Bima-3 hasilnya 9,5 ton/ha sedangkan varietas N-35, Bisi-2, dan SHS-11 hasilnya 6,9-7,9 ton/ha (Biba, 2016).

Jagung hibrida Bima 19 dan Bima 20 URI memiliki potensi hasil tinggi (12,5-12,8 t/ha), tahan terhadap penyakit utama jagung yaitu bulai dan hawar daun, tanaman kokoh, dengan perakaran tanaman yang kuat sehingga tahan rebah, tongkol seragam dan besar, kelobot menutup rapat, serta mempunyai sifat *stay green* yaitu warna batang dan daun masih hijau saat jagung sudah siap untuk panen sehingga sangat potensial untuk integrasi ternak. Tipe biji semi mutiara, dan berwarna kuning oranye sehingga sangat baik digunakan sebagai pakan ternak. Jagung ini juga cukup toleran kekeringan sehingga berpotensi untuk di tanam di lahan sub optimal (Takdir *et al.*, 2007).



## V. EVALUASI DAYA GABUNG GALUR

Daya gabung merupakan kemampuan suatu galur inbrida untuk menghasilkan hibrida unggul dalam kombinasi dengan galur inbrida lainnya. Daya gabung terdiri dari dua jenis yaitu Daya Gabung Khusus (DGK) dan Daya Gabung Umum (DGU). DGK adalah penampilan satu galur yang bagus dengan galur lain dalam pasangan satu persilangan hibrida. DGU adalah penampilan galur yang bagus dengan sebagian besar galur dalam pasangan persilangan dalam hibrida. Galur yang memiliki DGU tinggi didukung oleh gabungan alel-alel dominan yang berinteraksi secara positif atau menutupi gen yang merugikan pada tetua pasangannya, sehingga mempengaruhi keragaan suatu hibrida (F1). Uji daya gabung merupakan tahapan kedua dari kegiatan perakitan hibrida yang didahului dengan membuat silang uji berupa silang puncak, silang diallel atau silang uji (*testcross*) dengan galur murni sebagai penguji (*tester*).

Silang Puncak merupakan persilangan galur inbrida generasi awal (S1-S3) dalam jumlah banyak (ratusan) dengan suatu Populasi (Varietas Komposit Unggul) yang bertujuan untuk menyaring daya gabung umum suatu galur inbrida. Hanya beberapa galur inbrida yang memberikan daya gabung umum baik untuk suatu karakter (umumnya hasil biji yang tinggi) yang diteruskan dengan generasi silang dalam hingga S7 (Moentono, 1988). Galur inbrida pada generasi S7 ini dapat kemudian dilakukan silang diallel atau silang uji untuk mengetahui keragaan hibrida melalui DGK.

### 5.1. Silang Diallel

Analisis daya gabung terdiri dari dua kegiatan atau tahapan yaitu tahap pertama adalah pembentukan benih jagung hibrida silang tunggal (F1) dan tahap kedua yaitu evaluasi F1. Menurut Griffing (1956), terdapat empat metode dalam analisis daya gabung pada persilangan Diallel yaitu Metode I: melibatkan galur tetua, F1, dan persilangan resiprok (timbang balik); Metode II: melibatkan galur tetua dan F1; Metode III: melibatkan F1 dan persilangan resiprok; serta Metode IV: melibatkan hanya F1. Pada Metode I atau III, tahap pertama adalah membuat kombinasi silang tunggal (F1) dari " $n$ " jumlah galur atau tetua secara diallel lengkap menggunakan rumus  $n \times (n-1)$ . Persilangan dua galur untuk membentuk hibrida silang tunggal disajikan pada Gambar 13. Tahap berikutnya yaitu mengadakan uji lapang untuk mengevaluasi keragaan kombinasi silang tunggal (F1) atau hibrida dan  $n$  galur untuk menghitung besarnya heterosis dari suatu hibrida. Uji lapang menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat ulangan atau tergantung dari luas lahan yang ada (Mejaya, 1997a; 1997b; 1998).

Analisis diallel menggunakan dua pendekatan model yaitu Model Acak (*random model*) dan Model Tetap (*fixed model*). Model Acak melibatkan tetua yang merupakan anggota acak dari populasi kawin acak. Model Acak berguna



Gambar 13. Tongkol yang dipanen dari persilangan galur A dengan galur B untuk menghasilkan hibrida F1 Silang Tunggal (A x B).

Tabel 8. Analisis daya gabung silang diallel.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat Tengah Harapan
Lokasi	$e - 1$	
Set	$s - 1$	
Lokasi x Set	$(e - 1)(s - 1)$	
Blok/Set/Lokasi	$(r - 1)se$	
DGU/Set	$(p - 1)s$	$V_e + rV_{(DGK)E} + r(p - 2)V_{(DGU)E} + reV_{DGK} + re(p - 2)V_{DGU}$
DGK/Set	$\frac{1}{2} p(p - 3)s$	$V_e + rV_{(DGK)E} + reV_{DGK}$
Lokasi x DGU/Set	$(e - 1)(p - 1)s$	$V_e + rV_{(DGK)E} + r(p - 2)V_{(DGU)E}$
Lokasi x DGK/Set	$(e - 1) \frac{1}{2} p(p - 3)s$	$V_e + rV_{(DGK)E}$
Galat	$\{[\frac{1}{2} p(p - 1) p - 1] x (r - 1)\}se$	$V_e$

\* $e, s, r, p$  = berturut-turut jumlah: lokasi, set, blok, dan galur.

untuk menduga ragam daya gabung umum ( $V_{DGU}$ ) dan ragam daya gabung khusus ( $V_{DGK}$ ). Jika epistasis diabaikan, maka  $V_{DGU}$  merupakan fungsi dari ragam aditif ( $V_A$ ), sedangkan  $V_{DGK}$  merupakan fungsi dari ragam dominan ( $V_D$ ). Sebaliknya pada Model Tetap, melibatkan tetua yang bukan merupakan anggota acak dari satu populasi kawin acak, yaitu varietas (kultivar) dari populasi yang berbeda, atau tetua yang telah mengalami seleksi. Model Tetap ditujukan untuk mengukur pengaruh daya gabung umum untuk tiap tetua dan pengaruh daya gabung khusus untuk setiap pasang tetua persilangan. Pengaruh ini hanya ditujukan pada set tetua pada diallel. Diallel pada Model Acak biasanya tidak menyertakan galur tetua dan persilangan resiprok. Analisis daya gabung silang diallel disajikan pada Tabel 8.

Model statistik untuk menghitung DGU dan DGK menurut Bernardo (2002) adalah sebagai berikut:

$$G_{ij} = \mu_{P_1 \times P_1} + DGU_{(i)} + DGU_{(j)} + DGK_{(ij)}$$

Dimana:

$G_{ij}$  = nilai pengamatan dari setiap unit,

$\mu_{P_1 \times P_1}$  = nilai rata-rata persilangan dari dua tetua,

$DGU_{(i)}$  = pengaruh daya gabung umum (DGU) tetua  $i$ ,

$DGU_{(j)}$  = pengaruh daya gabung umum (DGU) tetua  $j$ ,

$DGK_{(ij)}$  = pengaruh daya gabung khusus (DGK) tetua  $i$  dan  $j$ ,

Analisis diallel dapat juga mengevaluasi besarnya pengaruh gen aditif atau non-aditif terhadap suatu peubah melalui nisbah kuadrat tengah DGU/DGK. Nilai nisbah yang lebih besar dari 0,50 menunjukkan bahwa kontribusi gen aditif lebih besar terhadap suatu karakter.

### Kuadrat Tengah (KT):

$$V_{DGU} = \{1/[re(p-2)]\} \times [(KT_{DGU/set} + KT_{E \times DGK/set}) - (KT_{DGK/set} + KT_{E \times DGU/set})]$$

### Uji F untuk $V_M$ :

$$F = [(KT_{DGU/set} + KT_{E \times DGK/set}) / (KT_{DGK/set} + KT_{E \times DGU/set})]$$

$$V_{DGK} = [(KT_{DGK/set} - KT_{E \times DGK/set}) / re]$$

Uji F untuk  $V_{DGK}$  yaitu  $F = [(KT_{DGK/set}) / (KT_{E \times DGK/set})]$

$$V_{DGU} = [(1 + F)/4] \times (V_A)$$

$$V_A = [4/(1 + F)] \times V_{DGU}$$

$$V_{DGK} = Cov_{Full sibs} - 2 Cov_{Half sibs} = \{[(1 + F)^2]/4\} \times (V_D)$$

$$V_D = [4/(1 + F)^2] \times V_{DGK}$$

## 5.2. Silang Galur x Penguji

Penggunaan galur Mr 04 dan Mr14 sebagai penguji (tester) dari beberapa galur dengan tujuan untuk mencari kombinasi persilangan (daya gabung) terbaik dari dua galur. Pada perbaikan Populasi dengan metode Seleksi Berulang Berbalasan (SBB), galur-galur yang memiliki DGK yang baik dengan Mr04 dapat diintrogresikan/disisipkan ke dalam Pop MSJ2 dan sebaliknya galur-galur yang memiliki DGK yang baik dengan Mr14 dapat diintrogresikan/disisipkan ke dalam Pop MSJ1 untuk meningkatkan keragaman genetik pasangan Pop MSJ1 dan MSJ2, sehingga diharapkan akan terjadi akumulasi gen-gen baik yang saling mengisi kedua Populasi MS J1 dan MS J2 tersebut, akan meningkatkan heterosis antara kedua Populasi tersebut, dan pada akhirnya hibrida yang dihasilkan kelak

Tabel 9. Analisis daya gabung galur x penguji.

Sumber keragaman	Derajat Bebas*	Kuadrat Tengah	Uji F
Lokasi	$s - 1$	$M_1$	$M_1/M_2$
Ulangan dalam Lokasi	$s(r - 1)$	$M_2$	
Penguji	$t - 1$	$M_3$	$M_3/M_4$
Penguji x Lokasi	$(s - 1)(t - 1)$	$M_4$	$M_4/M_5$
Galat a	$s(r - 1)(t - 1)$	$M_5$	
Galur	$g - 1$	$M_6$	$M_6/M_7$
Galur x Lokasi	$(g - 1)(s - 1)$	$M_7$	$M_7/M_{10}$
Penguji x Galur	$(t - 1)(g - 1)$	$M_8$	$M_8/M_9$
Penguji x Galur x Lokasi	$(t - 1)(g - 1)(s - 1)$	$M_9$	$M_9/M_{10}$
Galat b	$ts(r - 1)(g - 1)$	$M_{10}$	
Total	$srtg - 1$		

\*s, r, t, g = berturut-turut jumlah: lokasi, ulangan, tester, dan galur.

memiliki potensi hasil yang jauh lebih tinggi dibanding varieties hibrida Bima-1 yang dibentuk dari tetua Mr04 x Mr14 (Dahlan *et al.*, 1996; Mejaya *et al.*, 2006b; Mejaya dan Ishartati, 1998).

Pada analisis silang Galur x Penguji, pengaruh ulangan dan lokasi dianggap sebagai acak (*random*) sedangkan pengaruh Galur dan Penguji (Tester) dianggap sebagai tetap (*fixed*) (McIntosh, 1983). F-ratio untuk menguji pengaruh Silang Uji antara Galur dan Penguji digabung dalam beberapa lokasi seperti Tabel 9. Model statistik untuk menghitung daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) pada beberapa lokasi dilakukan menurut Hede *et al.* (1999).

$$Y_{ijkm} = \mu + g_i + t_j + (g \times t)_{ij} + (g \times s)_{im} + (t \times s)_{jm} + (g \times t \times s)_{ijm} + e_{ijkm}$$

Dimana:

$Y_{ijkm}$  = genotip i x j dalam ulangan ke k dan lokasi ke-m,

$\mu$  = rata-rata umum penelitian,

$g_i$  = pengaruh galur ke-i,

$t_j$  = pengaruh k penguji ke-j,

$(g \times t)_{ij}$  = pengaruh interaksi galur ke-i dan penguji ke-j,

$(g \times s)_{im}$  = pengaruh interaksi galur ke-i dan lokasi ke-m,

$(t \times s)_{jm}$  = pengaruh interaksi penguji ke-j dan lokasi ke-m,

$(g \times t \times s)_{ijm}$  = pengaruh interaksi galur ke-i, penguji ke-j pada lokasi ke-m,

$e_{ijkm}$  = galat dari pengamatan ke- $ijkm$ .

Pengaruh daya gabung dan salah baku dihitung menurut rumus dari Singh dan Chaudary (1985):

Pengaruh daya gabung umum (DGU) Galur:

$$u_i = \{[(x_{i..})/tr] - [(x_{...})/gtr]\}$$

Pengaruh daya gabung umum (DGU) Penguji:

$$u_j = \{[(x_{.j})/gr] - [(x_{...})/gtr]\}$$

Pengaruh daya gabung khusus (DGK):

$$k_{ij} = \{[(x_{ij})/r] - [(x_{i.})/tr] - [(x_{.j})/gr] + [(x_{...})/gtr]\}$$

Dimana:

$x_{ij}$  = nilai pengamatan silang tunggal antara Galur ke-i dan Penguji ke-j.

$x_{i.}$  = rata-rata nilai pengamatan silang tunggal yang melibatkan Galur ke-i

$x_{.j}$  = rata-rata nilai pengamatan silang tunggal yang melibatkan Penguji ke-j.

$x_{...}$  = rata-rata umum;

r, g, dan t = berturut-turut jumlah: ulangan, Galur dan Penguji.

Salah baku (SB) dihitung menurut rumus:

$$SB \text{ (DGU untuk Penguji)} = (M_4/r x g x e)^{1/2}$$

$$SB \text{ (DGU untuk Galur)} = (M_7/r x t x e)^{1/2}$$

$$SB \text{ (DGK)} = (M_9/r x e)^{1/2}$$

Notasi  $M_4$ ,  $M_7$ , dan  $M_9$  adalah kuadrat tengah acak masing-masing untuk Penguji, Galur, dan Penguji x Galur. Pengaruh DGU dan DGK nyata berbeda dari nol bila melebihi nilai 2 kali salah baku (Misevic *et al.*, 1989). Contoh nilai DGU dan DGK hasil biji pada analisis Galur x Penguji dari 12 galur inbrida disilangkan dengan empat tetua Penguji disajikan pada Tabel 10. Galur G-818 memiliki daya

Tabel 10. Nilai daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) hasil biji pada analisis Galur x Penguji.

No.	Galur	DGK				DGU Galur
		P-1	P-2	P-3	P-4	
1	G-807	0,08	-0,12	0,95*	-0,89*	1,14*
2	G-808	0,49	-0,85*	0,15	-0,89*	-0,27
3	G-809	-0,10	-0,17	0,28	0,01	0,32
4	G-810	0,03	-0,04	0,51	-0,48	0,16
5	G-811	0,30	-0,44	-0,41	0,56	0,06
6	G-812	-0,80*	-0,90*	1,34*	0,39	-1,02*
7	G-813	-2,20*	-1,04*	2,05*	1,20*	0,33
8	G-814	0,43	-0,14	-1,34*	1,08*	-0,29
9	G-815	-0,08	1,02*	0,18	-1,09*	-0,19
10	G-816	0,68	0,67	-0,49	-0,86*	0,75*
11	G-817	-0,35	0,69	-0,05	-0,29	-1,05*
12	G-818	1,51*	1,40*	-3,09*	0,19	0,06
DGU Penguji		0,59*	0,33*	-0,38*	-0,54*	

\*Nyata berbeda dari nol

Sumber: Mejaya *et al.*, 2003

gabung umum yang tinggi dengan Penguji P-1 dan P-2, tetapi tidak baik dengan P-3 dan P-4. Galur G-813 memiliki daya gabung umum yang tinggi dengan Penguji P-3 dan P-4, tetapi tidak baik dengan P-1 dan P-2. tinggi dengan Penguji P-3 dan P-4, tetapi tidak baik dengan P-1 dan P-2.

Pada periode awal pembentukan hibrida di Balitbangtan, dua galur inbrida telah digunakan sebagai tetua penguji (*tester*) yang merupakan induk dari hibrida Bima-1 yaitu galur Mr 04 (berasal dari Populasi J1) dan galur Mr 14 (berasal dari Pop.Suwan 3 induk dari Populasi J2). Galur Mr 4 dan Mr 14 ini juga digunakan sebagai tetua penguji untuk galur-galur yang berasal dari luar kelompok heterotik MS J1 dan MS J2 (Dahlan *et al.*, 1996; Mejaya *et al.*, 2006b). Galur Mr 4 dan Mr 14 digunakan sebagai tetua pada 18 varietas dari 39 varietas unggul hibrida yang dilepas oleh Balitbangtan (Lampiran 2). Galur Mr 14 lebih efektif dibandingkan Mr 4 sebagai tetua penguji untuk galur-galur yang berasal dari luar kelompok heterotik MS J1 dan MS J2 (Tabel 11).

Galur Mr 14 digunakan sebagai salah satu tetua pada 15 varietas dari 18 varietas unggul hibrida yang menggunakan galur Mr 4 atau Mr 14 sebagai tetua, sedangkan galur Mr 4 hanya 5 varietas yang menggunakannya sebagai salah satu tetua hibrida. Mr 14 juga baik digunakan sebagai tetua pada hibrida Silang Tiga Jalur Bima-19 URI dan Bima-20 URI yang dilepas pada tahaun 2013. Varietas Bima-19 URI dengan persilangan G193/Mr14//Nei9008P merupakan modifikasi dari varietas Silang Tunggal Bima-5 (yang dilepas pada tahaun 2008) dengan

Tabel 11. Varietas unggul jagung hibrida yang menggunakan galur Mr 4 dan Mr 14 sebagai tetua.

No.	Varietas hibrida	Tipe hibrida*	Galur tetua			Tahun dilepas
			Betina	Jantan	Jantan	
1	Semar-5	STJ	Mr 5	Mr 6	<b>Mr 4</b>	1999
2	Semar-6	STJ	Mr 7	Mr 8	<b>Mr 4</b>	1999
3	Semar-7	STJ	Mr 6	Mr 8	<b>Mr 4</b>	1999
4	Semar-10	STJ	<b>Mr 4</b>	Mr 13	<b>Mr 14</b>	2001
5	Bima-1	ST	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	-	2001
6	Bima-2 Bantimurung	ST	B11-209	<b>Mr 14</b>	-	2007
7	Bima-3 Bantimurung	ST	Nei 9008	<b>Mr 14</b>	-	2007
8	Bima-4	ST	G 180	<b>Mr 14</b>	-	2008
9	Bima-5	ST	G 193	<b>Mr 14</b>	-	2008
10	Bima-6	ST	<b>Mr 14</b>	NT 150	-	2008
11	Bima-15 Sayang	ST	AL44-46	<b>Mr 14</b>	-	2011
12	Bima-16	ST	GC10279	<b>Mr 14</b>	-	2012
13	Bima-19 URI	STJ	G 193	<b>Mr 14</b>	Nei9008P	2013
14	Bima-20 URI	STJ	G 180	<b>Mr 14</b>	Nei9008P	2013
15	HJ-21 Agritan	ST	N 79	<b>Mr 14</b>	-	2014
16	HJ-22 Agritan	ST	SP 006	<b>Mr 14</b>	-	2014
17	JH-27	ST	CY 7	<b>Mr 14</b>	-	2015
18	JH-234	ST	CY 10	<b>Mr 14</b>	-	2015
19.	Bima 12Q	ST	<b>Mr 4Q</b>	<b>Mr 14Q</b>	-	2011

Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

persilangan G193/Mr14. Varietas Bima-20 URI dengan persilangan G180/Mr14// Nei9008P merupakan modifikasi dari varietas Silang Tunggal Bima-4 (yang dilepas pada tahaun 2008) dengan persilangan G180/Mr14 (Tabel 11).

Dari tahapan uji daya gabung ini dapat dipilih beberapa pasangan galur inbrida yang memberikan penampilan lebih baik yaitu memiliki DGK yang tinggi, potensi hasil tinggi (minimal satu ton di atas varietas jagung komposit terbaik atau lebih tinggi daripada varietas hibrida komersial sebagai pembanding), dan dapat diperbanyak benihnya secara komersial. Galur-galur yang memiliki DGK baik dapat dibuat hibrida, sedangkan galur-galur yang memiliki DGU baik dapat dibuat Populasi baru berupa varietas Sintetik yang merupakan jenis jagung bersari bebas (Dahlan *et al.*, 1996; Mejaya *et al.*, 2006b).

### 5.3. Jarak Genetik

Variasi dalam urutan DNA telah digunakan sebagai penanda molekuler pada tanaman. Penanda molekuler telah digunakan sebagai alat untuk menentukan kelompok heterotik baru dan/atau menetapkan bahan silangan baru berdasarkan kelompok heterosis. Marka mikrosatelit atau *Simple Sequence Repeat* (SSR) memberikan keuntungan antara lain reproduksibilitas, variabilitas tinggi dan biaya yang relatif murah, serta relatif mudah dalam aplikasinya dibandingkan penanda lain. Marka SSR telah digunakan untuk karakterisasi sumber daya genetik inbrida jagung yaitu untuk mengetahui variabilitas genetik dan hubungan kekerabatan antara galur inbrida tetua yang bersumber dari Populasi dan untuk mengetahui peluang heterosis berdasarkan estimasi nilai jarak genetik dan kelompok heterotik berbasis marka SSR (Pabendon *et al.*, 2005; 2006).

Penggunaan teknologi berbasis marka molekuler mempercepat proses eksplorasi plasma nutfah potensial dan dapat beradaptasi dengan perubahan iklim. Identifikasi kelompok heterotik dengan alat bantu marka molekuler sangat penting dalam program perbaikan genetik jagung, karena memungkinkan untuk menyeleksi hanya pasangan persilangan yang mengekspresikan potensi heterosis maksimal, yang memberi peluang penggunaan plasma nutfah yang lebih efisien. Balai Penelitian Serealia (Balitsereal) di Maros, Sulawesi Selatan telah dilengkapi dengan laboratorium molekuler untuk melaksanakan pemuliaan berbasis marka molekuler (Gambar 14). Metode yang biasa digunakan untuk pembentukan pola heterotik yaitu melalui silang puncak (*top cross*) dan analisis dialel, memerlukan biaya yang lebih besar dan waktu yang lebih lama karena banyaknya jumlah persilangan yang diperlukan (Pabendon *et al.*, 2005; 2006; 2008). Penanda mikrosatelit dapat digunakan sebagai pengganti persilangan uji (*test cross*) dalam menentukan galur ke dalam pola heterotik. Jika sejumlah besar inbrida telah dihasilkan dan pola heterotik belum ditentukan, maka plasma nutfah yang secara genetik berbeda dapat diidentifikasi dengan penanda molekuler. Berdasarkan informasi ini, uji lapangan dapat dilaksanakan lebih efisien (lebih cepat, lebih akurat, dan lebih ekonomis).



Gambar 14. Peralatan di laboratorium molekuler di Balitsereal, Maros, 2017.

Informasi untuk menyeleksi inbrida-inbrida potensial guna menghasilkan heterosis tinggi adalah berdasarkan nilai jarak genetik. Nilai jarak genetik berkisar antara 0 hingga 1, dimana nilai 1 menunjukkan hubungan kekerabatan dua galur yang sangat jauh. Nilai jarak genetik yang memberi peluang untuk menghasilkan heterosis adalah  $\geq 0,7$ . Berdasarkan matriks jarak genetik, maka pasangan heterotik potensial dengan nilai duga jarak genetik  $\geq 0,7$  dapat dilakukan uji daya hasil pendahuluan untuk melihat potensi hasil maksimum (Pabendon *et al.*, 2009; 2010). Matriks jarak genetik galur inbrida yang merupakan tetua beberapa varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 11. Varietas Semar-8 merupakan hasil persilangan Tiga Jalur antara Silang Tunggal (Mr 9 x Mr 10) dengan galur GM 15. Jarak genetik galur Mr 9 dengan Mr 10 yaitu 0,50, sedangkan jarak genetik galur GM 15 dengan Mr 9 dan Mr 10 yaitu masing-masing 0,51 dan 0,54. Pada varietas Semar-8, dengan nilai jarak genetik ketiga galur penyusunnya sekitar 0,54 menunjukkan bahwa hubungan kekerabatan ketiga galur tersebut cukup jauh, walaupun Mr 9 dan Mr 10 berasal dari Populasi yang sama yaitu SW2C7 introduksi dari Thailand, sedangkan GM 15 berasal dari Populasi Malang Komposit (MK) 9 yang berasal dari lokal Jawa Timur.

Varietas Semar-10 merupakan hasil persilangan Tiga Jalur antara Silang Tunggal (Mr 13 x Mr 4) dengan galur Mr 14. Jarak genetik galur Mr 13 dengan Mr 4 yaitu 0,62, sedangkan jarak genetik galur Mr 14 dengan Mr 13 dan Mr 4 yaitu masing-masing 0,60 dan 0,71. Pada varietas Semar-10, dengan nilai jarak genetik galur Mr 13, Mr 4 dan Mr 14 diatas 0,50 menunjukkan bahwa hubungan kekerabatan dua galur tersebut cukup jauh, walaupun Mr 13 dan Mr 4 berasal dari Populasi yang sama yaitu J1C0, sedangkan Mr 14 berasal dari SW3C3 introduksi dari Thailand. Nilai jarak genetik tertinggi (0,83) diperoleh antara galur Mr 14 dengan GM 15 (Tabel 12 dan Tabel 1). Keragaan dan kelebihan lain secara fenotipik perlu diperhitungkan untuk memberi peluang keberhasilan yang lebih besar dan lebih akurat dalam melakukan seleksi tetua untuk persilangan. Estimasi jarak genetik sejumlah galur yang dilakukan oleh Lee *et al.* (1989) berdasarkan MRD (*Modified Roger's Distance*) menunjukkan bahwa hasil biji dan kemampuan daya gabung khusus (DGK) memiliki korelasi yang nyata.

Tabel 12. Matriks jarak genetik galur inbrida pembentuk varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan.

Galur	Mr 4	Mr 9	Mr 10	Mr 11	Mr 12	Mr 13	Mr 14
<b>Mr 9</b>	0,65						
<b>Mr 10</b>	0,60	0,50					
<b>Mr 11</b>	0,55	0,38	0,56				
<b>Mr 12</b>	0,53	0,34	0,48	0,25			
<b>Mr 13</b>	0,62	0,71	0,63	0,78	0,68		
<b>Mr 14</b>	0,71	0,75	0,76	0,74	0,74	0,60	
<b>GM 15</b>	0,60	0,51	0,54	0,46	0,49	0,73	0,83

Sumber: Pabendon *et al.* (2005)

Efendi *et al.*, (2015) menggunakan marka molekuler untuk menyeleksi 51 galur inbrida jagung toleran terhadap kekeringan dan Nitrogen rendah. Hasil penelitian menunjukkan inbrida yang toleran kekeringan terdapat pada kelompok heterotik C dan F, sedangkan yang medium toleran kekeringan terdapat pada kelompok heterotik A dan B antara lain galur inbrida Mr14. Azrai (2013) menggunakan marka molekuler SSR dan memperoleh 24 pasang galur inbrida jagung toleran kekeringan dan 15 pasang galur inbrida jagung toleran lahan masam dengan tingkat heterosis di atas 75% yang digunakan untuk merakit varietas jagung hibrida genjah.



## VI. UJI ADAPTASI HIBRIDA POTENSIAL

Tahapan ketiga (akhir) dari kegiatan perakitan hibrida adalah uji daya adaptasi hibrida potensial di beberapa wilayah sentra atau pengembangan jagung pada musim hujan dan musim kemarau. Dari uji daya adaptasi ini, beberapa pasangan galur yang membentuk hibrida terbaik dipilih untuk sebagai calon varietas jagung hibrida yang memberikan penampilan prima atau potensi hasil tinggi dan stabil di beberapa lokasi untuk diusulkan sebagai varietas unggul baru. Pengujian bertujuan untuk: (a) memetakan konsistensi penampilan genotipe lintas lingkungan dan pada lingkungan spesifik, (b) menduga interaksi genotipe x lingkungan, (c) menyeleksi dan menentukan lingkungan yang adaptif untuk genotipe yang diuji, dan (d) mengidentifikasi genotipe yang beradaptasi luas dan spesifik. Terdapat dua kemungkinan penyebab suatu varietas beradaptasi baik, yaitu: (a) varietas terdiri dari satu macam genotipe yang mempunyai susunan genetik atau kombinasi gen sedemikian sehingga mampu mengendalikan sifat morfologi dan fisiologi yang dapat menyesuaikan diri pada lingkungan tertentu atau perubahan lingkungan, misalnya pada varietas tanaman menyerbuk sendiri atau klon; dan (b) varietas terdiri dari sejumlah genotipe yang berbeda, dimana masing-masing genotipe mempunyai kemampuan menyesuaikan diri terhadap perbedaan kisaran lingkungan. Misalnya pada tanaman menyerbuk silang dan varietas lokal yang terdiri dari macam-macam genotipe (Mejaya dan Slamet, 1995; Dahlan and Mejaya, 2005; Mejaya *et al.*, 2006a).

### 6.1. Metode Uji Adaptasi

Uji daya adaptasi dilakukan melalui uji multi lokasi (UML) di beberapa wilayah sentra atau pengembangan jagung pada dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau (Gambar 15). Dari uji daya adaptasi ini beberapa pasangan galur yang membentuk hibrida terbaik dipilih untuk diusulkan sebagai calon varietas unggul jagung hibrida yang memberikan penampilan prima atau potensi hasil tinggi, toleran kekeringan dan stabil di beberapa lokasi sub optimal. Pemilihan genotip untuk lingkungan spesifik didasarkan pada nilai duga interaksi suatu genotip x lingkungan yang nyata yang menggambarkan kemampuan suatu genotip mengekspresikan sejumlah besar gen-gen yang menguntungkan pada lingkungan tertentu sehingga diperoleh hasil yang tinggi. Sebaliknya, pemilihan genotip yang beradaptasi pada lingkungan yang luas didasarkan pada nilai duga interaksi suatu genotip x lingkungan tidak nyata, yang menggambarkan kemampuan suatu genotip berpenampilan sama pada kondisi lingkungan yang berbeda. Untuk mendapatkan genotip yang beradaptasi luas tersebut, perlu diperhatikan stabilitas hasil secara sistematis dan kontinu mulai dari pembentukan populasi dasar sampai tahap evaluasi (Dahlan *et al.*, 2004).



Gambar 15. Uji adaptasi hibrida potensial dilakukan melalui uji multi lokasi (UML) di beberapa wilayah sentra atau pengembangan jagung.

Kemampuan daya adaptasi suatu genotip sangat erat kaitannya dengan stabilitas genotip tersebut. Adaptasi merupakan suatu proses dimana individu atau populasi atau spesies berubah bentuk dan fungsinya untuk dapat hidup baik pada kondisi lingkungan tertentu. Hasil dari proses ini ditunjukkan oleh individu, populasi atau spesies yang dapat beradaptasi baik. Kemampuan beradaptasi ini disebabkan oleh kombinasi sifat yang dapat mengatasi perubahan lingkungan sehingga hasil akhirnya tidak banyak terpengaruh oleh perubahan lingkungan. Pada populasi yang kelihatan seragam penotipanya, dapat terjadi bahwa masing-masing genotipe anggota populasi ini berbeda kemampuan reaksinya bila lingkungan berubah. Populasi yang dimaksud adalah populasi yang terdiri dari macam-macam atau campuran genotipe. Oleh karena itu, untuk penetapan sifat populasi diperlukan juga pengujian diperbagai lokasi atau mengadakan seleksi diberbagai lokasi. Uji adaptasi dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok, 3-4 ulangan. Bila terdapat perbedaan nilai tengah varietas dalam uji F, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% dengan membandingkan antara kandidat varetas dengan varietas pembanding. Uji adaptasi dilaksanakan sebanyak 16 lokasi pada dua musim yaitu 8 lokasi pada Musim Kemarau (MK) dan 8 lokasi pada Musim Hujan (MH). Lokasi pada MK dan MH sebaiknya sama agar diketahui respon genotipe terhadap perbedaan musim tanam. Matriks karakteristik lokasi evaluasi daya hasil dan stabilitas genotipe jagung hibrida disajikan pada Tabel 13.

Ukuran petak percobaan masing-masing genotip adalah 3 m x 5 m, ditanam sebanyak 4 baris, dengan jarak tanam 75 cm x 20 cm. Tiap lubang ditanam dua biji, kemudian diperjarang menjadi satu tanaman per lubang saat tanaman berumur 24-30 hari setelah tanam. Pemupukan diberikan sebanyak tiga kali dengan takaran/ha 300-350 kg Urea: 30% saat umur 7-10 hari setelah tanam (HST), 40% saat umur 25-30 HST, dan 30% saat umur 40-45 HST; 200 kg SP36:

Tabel 13. Matrik karakteristik lokasi evaluasi daya hasil dan stabilitas genotipe jagung hibrida.

Kode	Lokasi pengujian (Kec., Kab., Provinsi)	Ketinggian tempat (m DPL)	Jenis tanah	Ekologi	Waktu (tanam – panen)
L1	KP Muneng, Probolinggo, Jawa Timur	30	Andosol	Lahan kering	10 Nov.– 20 Maret
L2					
L3					
...					
L16	KP. Maros, Maros, Sulawesi Selatan	5	Vertisol	Ladang	5 Juli– 2 Okt.

100% saat umur 7-10 HST; dan 100 kg KCl: 50% saat umur 7-10 HST dan 50% saat umur 25-30 HST Atau pemupukan dengan takaran 250 kg Urea/ha + 300 kg Ponska/ha. Pemupukan pertama umur 7-10 HST dengan takaran 300 kg Ponska/ha. Pemupukan kedua dilakukan saat tanaman berumur 30 - 35 hari setelah tanam (HST) dengan dosis urea 250 kg urea/ha. Pemberian pupuk sesuai takaran per ha dibagi dengan jumlah tanaman per ha. Pupuk diberikan dalam lubang atau larikan 10 cm di samping tanaman dan ditutup dengan tanah. Tanaman dipelihara sesuai dengan kondisi setempat masing-masing lokasi. Penyiangan dilakukan dua kali yaitu pertama pada umur 15 HST dan kedua pada umur 28-30 HST atau sebelum pemupukan kedua. Pembumbunan umumnya dilaksanakan bersamaan dengan saat penyiangan.

Pada musim kemarau atau saat tidak ada hujan, pengairan dilakukan sebanyak 6 kali dengan interval setiap 15 hari yaitu pada saat sebelum tanam, hingga 75 HST atau disesuaikan dengan keadaan tanaman. Perlakuan pengendalian hama dan penyakit disesuaikan dengan jenis hama/penyakit dengan dosis pestisida sesuai dengan rekomendasi pada kemasannya. Untuk menghindari alat bibit dikendalikan dengan pemberian furadan pada pucuk tanaman (titik tumbuh) saat umur 9, 24, 35 HST.

Karakter yang diamati pada uji adaptasi antara lain:

- Tinggi tanaman (cm) yaitu dipilih bagian tengah plot sebanyak 5-10 tanaman menjelang panen dengan mengukur jarak dari dasar tanaman di permukaan tanah sampai pangkal terakhir bunga jantan;
- Tinggi tongkol (cm) yaitu bersamaan dengan pengamatan tinggi tanaman dengan cara mengukur dari dasar tanaman sampai kedudukan dasar tongkol pada tongkol teratas;
- Umur berbunga betina (HST) yaitu waktu yang diperlukan saat mulai tanam hingga bunga betina (tongkol) mulai keluar rambut;
- Umur berbunga jantan (HST) yaitu waktu yang diperlukan saat mulai tanam hingga tanaman mulai memproduksi serbuk sari;



Gambar 16. Bentuk dan skor penutupan kelobot tongkol jagung.

- Aspek tanaman (skor) yaitu pengamatan dilakukan secara visual menjelang fase generatif dengan memberikan skor: 1 (sangat baik), 2 (baik), 3 (sedang), 4 (buruk), dan 5 (sangat buruk);
- Aspek kelobot (skor) yaitu dilakukan secara visual dengan memberikan skor pada saat tongkol terbentuk sempurna (Gambar 16) yakni: 1 (kelobot tertutup rapat dengan baik), 2 (kelobot tertutup rapat hanya sampai ujung tongkol), 3 (kelobot tertutup agak longgar pada bagian ujung), 4 (kelobot tertutup kurang rapat, ujung tongkol terlihat), dan 5 (kelobot tertutup sangat tidak rapat, sebagian biji pada ujung tongkol nampak terbuka);
- Aspek tongkol yaitu dilakukan secara visual setelah panen dan tongkol telah dikupas, dengan skor : 1 (barisan biji lurus, sempurna terisi dan seragam teksturnya), 2 (barisan biji lurus, pengisian biji kurang sempurna dan tekstur kurang seragam), 3 (barisan biji kurang lurus, pengisian kurang dan tekstur tidak seragam), 4 (barisan biji kurang lurus, pengisian sangat kurang dan tekstur tidak seragam), dan 5 (barisan biji tidak beraturan, pengisian dan tekstur juga tidak sempurna dan tidak seragam);
- Jumlah tanaman panen: dilakukan pada saat panen dengan menghitung semua tanaman terpanen dalam dua baris;
- Jumlah tongkol panen: dilakukan bersamaan dengan jumlah tanaman panen, yakni dihitung semua jumlah tongkol terpanen dalam dua barisan tanaman;
- Bobot tongkol kupasan (kg): dikupas tongkol yang telah terpanen, kemudian langsung ditimbang per petak, data digunakan untuk konversi ke hasil per ha;
- Kadar air saat panen (%): tongkol yang terpanen diambil 5-7 tongkol kemudian biji dipipil dalam tiga barisan, dicampur dan diukur kadar airnya dengan alat ukur *Seed moisture tester*;

- Panjang tongkol (cm): diukur mulai dari pangkal tongkol sampai ujung tongkol yang berbiji;
- Diameter tongkol (cm): diukur diameter bagian pertengahan tongkol;
- Bobot biji (g): hasil biji pipilan kering empat tongkol;
- Bobot 1000 biji (g): ditimbang dari hasil pipilan kering.
- Ketahanan terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*): dilakukan pada percobaan terpisah dengan menanam terlebih dahulu tanaman perangkap yakni varietas Anoman 1 sebagai sumber inokulum penyakit bulai. Pada saat sumber inokulum berumur seminggu dilakukan inokulasi dengan meneteskan (menyemprotkan) suspensi konidia cendawan *Peronosclerospora sp.* pada subuh hari sebelum matahari terbit sekitar jam 05.00 – 06.00 wit. Konidia dari daun dikoleksi sehari sebelumnya pada sore hari. Setelah berumur tiga minggu atau setelah tanaman perangkap terserang >80% selanjutnya ditanam materi jagung ungu yang akan dievaluasi dengan jarak 75 cm x 20 cm pada panjang plot 4.0 m satu baris per genotipe menggunakan pembandingan tahan varietas Lagaligo dan rentan varietas Anoman 1 ditanam berdampingan pada setiap 10 nomor genotipe jagung uji. Menggunakan rancangan kelompok dua ulangan. Infeksi penyakit bulai pada materi uji diamati pada umur tanaman 2 dan 6 minggu setelah tanam dan dihitung intensitas serangan (I) dengan formula:  $I = [(A)/(A+B)] \times 100\%$ , dimana A : jumlah tanaman terinfeksi, dan B : jumlah tanaman yang tidak terinfeksi. Kriteria ketahanan terhadap penyakit bulai adalah : Sangat Tahan (ST) =  $\leq 5\%$ ; Agak Tahan (AT) =  $> 5\% - 20\%$ ; Agak Peka (AP) =  $> 20\% - 35\%$ ; Peka (P) =  $> 35\% - 50\%$ ; dan Sangat Peka (SP) =  $> 50\%$ .

Peubah yang dianalisis adalah komponen hasil yang meliputi bobot 1000 biji, rendemen biji, kadar air panen, bobot tongkol panen, jumlah baris per tongkol, skor penampilan tongkol, skor penutupan klobot, skor penampilan tanaman, umur panen, umur berbunga, tinggi tanaman dan letak tongkol. Hasil panen biji dikonversi ke dalam pipilan kering pada kadar air 15% menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Hasil biji ka. 15\% (t/ha)} = \frac{10.000}{L.P} \times \frac{100-KA}{100-15} \times B \times SP$$

KA = Kadar air biji waktu panen

L.P = Luas panen (m<sup>2</sup>)

B = Bobot tongkol kupasan (kg)

SP = Rata-rata rendemen (*shelling percentage*)

## 6.2. Analisis Stabilitas

Genotipe yang memberikan hasil tertinggi di suatu lokasi, sering tidak sama dengan hasil di lokasi lain yang menandakan bahwa terjadi interaksi genotipe dengan lingkungan (G x L). Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan hasil suatu genotipe yang ditanam pada lokasi yang berbeda. Interaksi genotipe dengan lingkungan terjadi karena adanya keragaman lingkungan tumbuh jagung yang sangat besar antara lain ketinggian tempat yang berhubungan dengan fluktuasi suhu, jenis lahan, tingkat kesuburan lahan, kuantitas curah hujan, penyebaran curah hujan, sebaran hama dan penyakit, tingkat kesuburan tanah, dan tingkat pemakaian pupuk yang mengakibatkan keragaman pertumbuhan dan hasil biji. Respon suatu genotipe terhadap lingkungan dapat dikelompokkan ke dalam genotipe stabil atau spesifik lingkungan. Pemulia menginginkan genotipe yang stabil karena memiliki daya adaptasi lebih tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan diantara genotipe yang diuji. Genotipe yang spesifik lingkungan hanya menunjukkan respon baik pada kondisi lingkungan tertentu.

Uji adaptasi diperlukan untuk mengidentifikasi genotipe yang hasilnya tinggi untuk lingkungan spesifik atau stabil pada lingkungan yang luas. Beberapa metode analisis stabilitas hasil dapat digunakan antara lain yang umum yaitu model Eberhart dan Russel (1966) dan metode AMMI (*Additive main effect multiplicative interaction*) menurut Gauch (1992). Analisis stabilitas hasil menggunakan metode Eberhart dan Russel didasarkan pada respon tiap genotipe terhadap indeks lingkungan yaitu ng selisih rata-rata hasil semua genotipe terhadap rata-rata umum. Genotipe dianggap stabil bila nilai koefisien regresi ( $\beta$ ) genotipe sama dengan 1. Bila nilai  $\beta$  lebih kecil dari 1, maka genotipe tersebut adaptif pada lingkungan yang kurang produktif, dan bila nilai  $\beta$  lebih besar dari 1, maka genotipe tersebut adaptif pada lingkungan yang kurang produktif.

Metode Eberhart dan Russel hitung dengan model:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

Dimana:

$Y_{ij}$  = rata-rata genotipe ke- $i$  pada lingkungan ke- $j$ ,

$\mu$  = rata-rata umum

$\beta_i$  = koefisien regresi genotipe ke- $i$  pada indeks lingkungan,

$I_j$  = indeks lingkungan,

$\delta_{ij}$  = simpangan baku regresi dari genotipe ke- $i$  dan lingkungan ke- $j$

Metode AMMI merupakan salah satu metode untuk menganalisis hasil uji multilokasi yang menggabungkan pengaruh aditif pada analisis ragam dan pengaruh multiplikatif pada analisis komponen utama. Dengan AMMI dapat ditunjukkan interaksi antara genotipe (varietas) dengan lingkungan (lokasi) yang disajikan dalam bentuk biplot berupa nilai komponen utama. Analisis AMMI untuk mengetahui pengaruh aditif varietas dan lokasi masing-masing

menggunakan analisis ragam serta bentuk multiplikatif interaksi varietas x lokasi menggunakan analisis komponen utama. Bentuk multiplikatif diperoleh dari penguraian interaksi varietas dengan lokasi menjadi Komponen Utama Interaksi (KUI). Persamaan matematis model AMMI (Gauch, 1992) adalah:

$$Y_{ijr} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^m \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ijr}$$

di mana:

$Y_{ijr}$  = nilai dari varietas ke-i, lokasi ke-j, pada ulangan ke-r

$\mu$  = rata-rata umum

$g_i$  = pengaruh varietas ke-i,  $i=1,2,\dots,g$

$e_j$  = pengaruh lingkungan ke-j terhadap rata-rata umum

$\lambda_k$  = nilai penciri untuk komponen bilinear ke-k,

$\alpha_{ik}$  = elemen vektor penciri varietas

$\gamma_{jk}$  = elemen vektor penciri lokasi

$\varepsilon_{ijr}$  = galat sisa.

Analisis ragam gabungan untuk melihat interaksi genotipe dan lokasi dilakukan dengan menggunakan model matematik sebagai berikut:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

dimana:  $Y_i$  = hasil pengamatan;  $\mu$  = nilai tengah umum;

$\alpha_i$  = pengaruh lokasi ke-i;  $\beta_j$  = pengaruh genotip ke-j;

$(\alpha\beta)_{ij}$  = interaksi genotip x lokasi ke-i;  $\varepsilon_{ij}$  = pengaruh galat.

### 6.3. Usulan Pelepasan Calon Varietas

Genotipe jagung hibrida potensial yang telah diuji adaptasi serta memiliki keunggulan tertentu dibandingkan dengan varietas cek komersial jagung hibrida maka perlu diusulkan untuk dilepas melalui sidang oleh Tim Penilai dan Pelepas Varietas (TP2V) Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian. Keunggulan suatu genotipe dapat berupa hasil tinggi, tahan terhadap cekaman biotik atau abiotik, dan stabil pada lingkungan yang luas. Silsilah tanaman yang terdiri asal dan nama tetua, populasi asal, metode pemuliaan, tahun dimulai kegiatan pemuliaan merupakan informasi yang harus dicantumkan pada proposal pelepasan calon varietas. Penilaian terhadap usulan pelepasan terhadap suatu genotipe (galur, mutan, hibrida, varietas) dilakukan pada saat sidang pelepasan varietas oleh TP2V. Sebelum dilakukan penilaian, usulan telah dikaji kelayakannya terhadap prosedur yang ditetapkan dan menentukan lulus tidaknya usulan tersebut untuk bias ikut dalam sidang pelepasan. Kerangka matrik penilaian dalam sidang pelepasan varietas jagung hibrida (TP2V, 2016) disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Kerangka matrik penilaian dalam sidang pelepaan varietas jagung hibrida.

Karakter/Sifat	Wajib	Penunjang	Optional	Keterangan
Sifat yang diunggulkan	v			
Produktivitas (ton/ha)	v			Minimal setara dengan pembanding terbaik
Penyakit bulai: agak tahan-tahan	v			
Penyakit: ketahanan karat daun/hawar daun/ busuk tongkol		v		Wajib jika karakter ini sebagai unggulan. Skoring di daerah endemik pada uji adaptasi
Hama: penggerek batang/penggerek tongkol/lalat bibit			v	Wajib jika karakter ini sebagai unggulan
Abiotik: toleran rendaman/kekeringan/ Al & Fe/salinitas		v		Wajib jika karakter ini sebagai unggulan
Kerebahan batang/ akar		v		Wajib jika karakter ini sebagai unggulan
Penutupan kelobot: agak rapat-rapat	v			
Mutu hasil: protein/ lemak/karbohidrat/ beta karoten/lysine/ triptopan/amilopektin			v	Wajib jika karakter ini sebagai unggulan
Data uji coba produksi benih	v			Produktivitas minimal 1,5 ton/ha, disertai data pendukung dan dokumentasi
Dokumen rencana produksi benih	v			
Dokumen keamanan hayati	v			Untuk tanaman produk rekayasa genetik (PRG)
Dokumen rencana pemantauan dampak dan pengelolaan resiko	v			Untuk tanaman produk rekayasa genetik (PRG)

Sumber: TP2V, 2016

Jagung hibrida memiliki penampilan tanaman yang lebih seragam dan lebih menarik dibandingkan jagung komposit. Karakter yang harus dimiliki oleh jagung hibrida yaitu pertanaman yang kokoh dengan perakaran yang kuat sehingga tahan rebah, bentuk tongkol yang seragam dan besar (dengan janggol yang kecil), kelobot menutup rapat, dan tanaman tahan terhadap penyakit utama (bulai, karat, bercak daun, busuk tongkol, dll). Karakter warna batang dan daun masih hijau saat jagung sudah masak fisiologis atau siap untuk dipanen (*stay green*) diperlukan untuk daerah yang mengintegrasikan jagung dengan ternak

Tabel 15. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dilepas melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian.

No.	Varietas Hibrida	Tahun dilepas	Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor
1	Semar-4	1999	767/Kpts/TP.240/6/1999
2	Semar-5	1999	768/Kpts/TP.240/6/1999
3	Semar-6	1999	769/Kpts/TP.240/6/1999
4	Semar-7	1999	770/Kpts/TP.240/6/1999
5	Semar-8	1999	771/Kpts/TP.240/6/1999
6	Semar-9	1999	772/Kpts/TP.240/6/1999
7	Semar-10	2001	539/Kpts/TP.240/10/2001
8	Bima-1	2001	540/Kpts/TP.240/10/2001
9	Bima-2 Bantimurung	2007	75/Kpts/SR.120/2/2007
10	Bima-3 Bantimurung	2007	76/Kpts/SR.120/2/2007
11	Bima-4	2008	3793/Kpts/SR.120/11/2008
12	Bima-5	2008	3794/Kpts/SR.120/11/2008
13	Bima-12Q	2011	2018/Kpts/SR.120/4/2011
14	Bima 13Q	2011	2019/Kpts/SR.120/4/2011
15	Bima Putih 1	2012	3257/Kpts/SR.120/9/2012
16	Bima Putih 2	2012	3258/Kpts/SR.120/9/2012
17	Bima Provit A1	2013	4381/Kpts/SR.120/6/2013
18	Pulut Uri 3H	2013	1155/Kpts/SR.120/11/2014
19	HJ-21 Agritan	2014	1157/Kpts/SR.120/11/2014
20	HJ-22 Agritan	2014	1154/Kpts/SR.120/11/2014
21	JH-234	2015	717/Kpts/TP.030/12/2015
22	JH-27	2015	720/Kpts/TP.030/12/2015
23	JH-36	2016	703/Kpts/KB.020/10/2016
24	JH-45	2016	702/Kpts/KB.020/10/2016

Sumber: SK Menteri Pertanian

sapi. Untuk karakter tipe biji yaitu semi mutiara dan berwarna oranye untuk pakan ternak ayam agar kuning telur berwarna oranye. Contoh deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bima 3-Bantimurung serta deskripsi tetua betina dan jantan penyusunnya disajikan pada Lampiran 3-5. Sebagian dari 39 varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dilepas melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian disajikan pada Tabel 15.

#### 6.4. Perlindungan Varietas

Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dimohonkan perlindungan hak PVT atau yang telah mendapat sertifikat disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang telah dimohonkan perlindungan hak PVT atau yang telah mendapat sertifikat.

No.	Varietas hibrida	Tahun dilepas	Nomor pendaftaran	Nomor sertifikat Hak PVT
1	Bima-2 Bantimurung	2007	05/peng/03/2007	00066/ppvt/s/2009
2	Bima-3 Bantimurung	2007	06/peng/03/2007	00067/ppvt/s/2009
3	Bima-4	2008	41/peng/03/2009	00144/ppvt/s/2011
4	Bima-5	2008	42/peng/03/2009	00145/ppvt/s/2011
5	Bima-6	2008	43/peng/03/2009	00146/ppvt/s/2011
6	Bima-7	2010	20/peng/03/2011	00251/PPVT/S/2014
7	Bima-8	2010	131/PVHP/03/2010	-
8	Bima-9	2010	20/peng/11/2010	00199/PPVT/S/2013
9	Bima-10	2010	21/peng/11/2010	00200/PPVT/S/2013
10	Bima-11	2010	22/peng/11/2010	00201/PPVT/S/2013
11	Bima-12Q	2011	67/peng/12/2011	-
12	Bima-14 Batara	2011	73/PPVHP/11/2012	-
13	Bima-15 Sayang	2011	41/peng/11/2013	-
14	Bima-16	2012	42/peng/11/2013	-
15	Bima-17	2012	43/peng/11/2013	-
16	Bima-18	2013	44/peng/11/2013	-
17	Bima-19 URI	2013	20/peng/08/2014	-
18	Bima-20 URI	2013	21/peng/08/2014	-

Sumber: Balitbangtan, 2015

## VII. TEKNOLOGI PRODUKSI BENIH JAGUNG HIBRIDA

Varietas adalah bagian dari suatu jenis yang ditandai oleh bentuk tanaman, pertumbuhan, daun, bunga, buah, biji, dan sifat-sifat lain yang dapat dibedakan dalam jenis yang sama. Varietas unggul adalah varietas yang telah dilepas oleh pemerintah, baik berupa varietas baru maupun varietas lokal yang mempunyai kelebihan dalam potensi hasil dan/atau sifat-sifat lainnya. Varietas unggul dilepas untuk menghasilkan benih yaitu tanaman atau bagian tanaman yang digunakan untuk memperbanyak dan/atau mengembangkan tanaman. Sedangkan untuk tujuan komersialisasi terdapat istilah Benih Bina yaitu benih dari varietas unggul yang produksi dan peredarannya diawasi dan telah dilepas oleh Menteri Pertanian melalui siding pelepasan varietas (Puslitbangtan, 2016b).

Varietas unggul jagung hibrida harus memiliki hasil biji yang lebih tinggi dibandingkan varietas yang sedang populer di pasaran atau varietas yang memiliki karakter yang sama kecuali daya hasil atau ketahanan terhadap cekaman tertentu. Varietas unggul jagung hibrida harus didukung oleh galur sebagai induk betina yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan benih sebar yang tinggi pula, agar harga benih hibrida terjangkau oleh petani. Produksi benih sumber dan distribusi benih sesuai dengan sistem perbenihan akan mempercepat distribusi benih hingga sampai ke lahan petani. Varietas unggul baru yang lebih produktif dan adaptif pada lokasi spesifik atau stabil pada lingkungan luas akan mempercepat peningkatan produktivitas dan berdampak pada peningkatan pendapatan petani jagung. Adopsi varietas unggul baru akan lebih cepat dan lebih luas dengan dukungan teknologi produksi benih jagung hibrida, sehingga petani lebih mudah memperoleh benih sebar yang bermutu (bersertifikat) dengan harga yang terjangkau. Teknologi produksi benih jagung hibrida terdiri dari teknologi produksi benih sumber galur inbrida dan teknologi produksi benih sebar jagung hibrida yang keduanya saling berkaitan (Puslitbangtan, 2016b).

### 7.1. Teknologi Produksi Benih Sumber

Benih sumber adalah tanaman atau bagian tanaman yang digunakan untuk memproduksi benih yang merupakan kelas-kelas benih meliputi kelas: Benih Inti (BI), Benih Penjenis (BS), Benih Dasar (BD) dan Benih Pokok (BP). Seperti halnya pada jagung komposit, benih sumber pada galur inbrida dapat dikelompokkan ke dalam kelas BI, BS, BD, dan BP. Tetapi secara umum, untuk menjaga keseragaman tanaman, biasanya benih kelas BD yang digunakan untuk memproduksi Benih Sebar (BR) yang merupakan benih hibrida (F1). Benih kelas BD diperbanyak menggunakan benih kelas BS. Benih kelas BS masing-masing galur inbrida dapat diperbanyak dengan persilangan buatan atau persarian bebas dalam petak terisolasi. Benih hasil persilangan buatan dipergunakan untuk perbanyak dalam petak persarian bebas. Benih kelas BD yang diperoleh dari

petak persarian bebas digunakan untuk memproduksi Benih Sebar (BR) hibrida (Moentono, 1988).

Kemurnian dan keseragaman dari galur inbrida sebagai tetua/induk dari varietas jagung hibrida. Tanaman tidak boleh tercampur dengan tepungsari dari galur atau varietas lain, karena akan menyebabkan varietas tertentu akan berubah keragaan pertanamannya dan tidak seragam di lapangan. Peran galur inbrida yang berfungsi sebagai induk betina sangat penting dalam kemampuannya untuk menghasilkan volume benih sebar yang banyak agar harga benih hibrida semakin murah. Galur inbrida merupakan galur murni yang digunakan sebagai induk (tetua) untuk memproduksi benih hibrida. Benih inbrida dipertahankan kemurniannya dengan Penyerbukan Sendiri (*Selfing*) atau Penyerbukan Berantai (*sibbing*) secara bergantian agar ketegapan tanaman galur terjaga. *Selfing* akan menyebabkan galur selalu dalam keadaan murni, sedangkan *sibbing* mencegah turunnya vigor yang berlebihan (menghindari akibat silang dalam berupa penurunan vigor tanaman). Perbanyak benih galur inbrida dapat dilakukan dalam bentuk *ear to row* atau dalam bentuk *bulk* pada petak terisolasi (waktu atau jarak) untuk menghindari tepungsari dari tanaman galur lain (Gambar 17). Pada perbanyak secara *ear to row* akan mudah diamati tipe lain atau tipe simpang dibandingkan dengan cara *bulk*. Pada saat panen, semua tongkol harus diseleksi lagi dan tongkol atau biji yang menyimpang harus dibuang (Moentono, 1988). Tipe simpang adalah tanaman atau benih yang menyimpang dari sifat-sifat suatu varietas sampai di luar batas kisaran yang telah ditetapkan (Puslitbangtan, 2016b).

Produksi benih sumber galur inbrida berhubungan erat dengan sistem pengendalian mutu yang mencakup sertifikasi benih dan manajemen mutu benih. Sistem Manajemen Mutu pada produksi benih merupakan rangkaian



Gambar 17. Perbanyak benih sumber galur inbrida pada petak terisolasi waktu atau jarak.

kegiatan dalam proses produksi benih yang dimulai dari cara pengelolaan benih sumber, proses budidaya, pengelolaan panen dan pasca panen, pengujian di laboratorium, pengemasan, pemasangan label, dan cara menangani permasalahan yang terkait dengan benih yang diproduksi. Standar mutu benih jagung berdasarkan kelas benih disajikan pada Tabel 17 (Puslitbangtan, 2016b).

Penampilan tanaman yang seragam adalah syarat utama dalam penilaian kelulusan suatu galur inbrida. Umumnya galur inbrida yang dipakai membentuk varietas hibrida baru mencapai generasi S8 silang dalam sehingga masih terjadi keragaman atau variasi pada beberapa karakter agronomis tanaman galur tersebut. Tetapi keragaan tanaman galur tersebut masih dapat dibedakan dengan ciri-ciri karakter agronomis pada galur lain yang unik dan dapat dijadikan faktor pembeda. Untuk bahan pegangan kepada pemulia dan petugas BPSB di lapangan, maka buku saku database deskripsi varietas jagung hibrida dan galur penyusunnya tentang karakter kualitatif maupun kuantitatif sangat penting dalam monitoring mutu genetik untuk sertifikasi benih. Benih sumber dengan mutu genetik dan fisik yang optimal berperan penting dalam produksi dan produktivitas jagung hibrida. Standar mutu dijaga mulai dari kelas Benih Penjenis (BS) yang merupakan kelas benih paling murni, karena diproduksi atau seleksi ketat pemulia. Benih Dasar (BD) adalah turunan pertama Benih Penjenis yang menjadi dasar kelas dibawahnya. Tahapan perbanyakan kelas benih mulai dari pemilihan lokasi, persiapan lahan, isolasi, tanam, *roguing*, *detasseling*, panen, hingga processing benih harus sesuai standar mutu yang tercantum dalam panduan sebagai berikut (Puslitbangtan, 2016b):

- a) Pemilihan lokasi: lokasi harus mudah diakses dan terdapat isolasi dengan pertanaman jagung petani. Isolasi jarak dengan varietas lain minimal 300 meter. Bila tidak memungkinkan dengan isolasi jarak, maka dilakukan isolasi waktu dengan cara mengatur waktu pembungaan agar berbeda keluar tepugsarinya minimal 21 hari setelah tanam. Panen sebaiknya dilakukan pada musim kemarau karena memudahkan saat prosesing dan curah hujan yang sudah berkurang sehingga mutu benih lebih bagus dibandingkan dengan panennya dilakukan saat musim hujan.

Tabel 17. Standar mutu benih jagung berdasarkan kelas benih.

Kelas benih	Kadar air maks. (%)	Benih murni min. (%)	Kotoran benih maks. (%)	Benih varietas lain maks. (%)	Benih tan. lain & biji gulma maks. (%)	Daya tumbuh min. (%)
Benih Dasar (BD)	12,0	99,0	1,0	0,0	0,0	90,0
Benih Pokok (BP)	12,0	99,0	1,0	0,1	0,1	90,0
Benih Sebar (BR) Komposit	12,0	98,0	2,0	0,2	0,2	90,0
Benih Sebar (BR) Hibrida F1	12,0	98,0	2,0	-	-	90,0

Sumber: Puslitbangtan (2016b).

- b) Penyiapan lahan: lahan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman jagung sebelumnya. Pengolahan tanah dilakukan secara sempurna dan diratakan.
- c) Penyiapan benih: kebutuhan benih per hektar sekitar 15-20 kg tergantung ukuran benih. Daya kecambah benih harus lebih dari 95% (tiga hari saat pengujian kecambah). Untuk menghindari infeksi penyakit bulai, maka sebelum ditanam, benih diberi perlakuan dengan mencampur 2 gram metalaksil (produk) dengan 10 ml air (diaduk rata) untuk setiap 1 kg benih. Benih dikering anginkan beberapa saat.
- d) Penanaman: jarak tanam 75 cm x 20 cm (1 biji per lubang). Lubang ditutup dengan tanah atau pupuk kandang setara 1,5-2,0 ton/ha. Tidak dianjurkan melakukan penyulaman karena akan menyebabkan pertumbuhan tanaman bervariasi sehingga sulit untuk membedakan tipe simpang.
- e) Pemupukan: diberikan sebanyak tiga kali dengan takaran/ha 300-350 kg Urea: 30% saat umur 7-10 hari setelah tanam (HST), 40% saat umur 25-30 HST, dan 30% saat umur 40-45 HST; 200 kg SP36: 100% saat umur 7-10 HST; dan 100 kg KCl: 50% saat umur 7-10 HST dan 50% saat umur 25-30 HST. ZA sebanyak 50 kg/ha dapat diberikan jika diperlukan pada tanah yang kekurangan unsur belerang (sulfur). Pemberian pupuk sesuai takaran per ha dibagi dengan jumlah tanaman per ha.
- f) Penyiangan dan pembumbunan: dilakukan dengan cangkul. Penyiangan pertama dan diikuti oleh pembumbunan dilakukan pada saat tanaman berumur 15-20 HST. Penyiangan kedua dilakukan setelah pemupukan kedua umur 25-30 HST.
- g) Pengendalian hama dan penyakit: pengendalian hama dilakukan bila terdapat gejala serangan, terutama penggerek batang yaitu dengan insektisida carbofuran yang diberikan melalui pucuk tanaman dengan takaran 10 kg/ha (3-4 butir carbofuran per tanaman).
- h) Pengairan: pada musim kemarau pemberian air sebanyak 6-8 kali selama pertumbuhan, tergantung tekstur tanah.
- i) Roguing: pencabutan tanaman tipe simpang yang dilakukan sebelum berbunga. Tanaman yang terlalu tinggi dan yang vigornya menyolok dibandingkan keragaan rata-rata pertanaman harus dibuang. Demikian juga karakter utama pada tanaman yang menjadi penciri suatu galur sesuai data yang ada di deskripsi varietas yaitu warna sekam, warna malai, dan warna rambut. Tahapan pembentukan kelas benih yang sangat menentukan adalah saat dilakukan roguing. Karakter keraagaan tanaman yang diseleksi (dibiarkan tumbuh dan berbunga) adalah yang sesuai dengan deskripsi agronomis. Cara seleksi pertanaman jagung untuk produksi benih sumber disajikan pada Tabel 18 (Puslitbangtan, 2016b). Karakter penciri galur tetua dari beberapa varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 19.

Tabel 18. Cara seleksi pertanaman jagung untuk produksi benih sumber galur.

Parameter	Kriteria seleksi	Keputusan
Vigor tanaman (14-28 HST)	Kerdil, lemah, warna pucat, bentuk tanaman menyimpang, tumbuh di luar barisan, terserang penyakit, letak tanaman terlalu rapat	Tanaman dicabut
Berbunga (umur 49-70 HST)	Terlalu cepat/lambat berbunga, malai tidak normal, tidak berambut, tidak bertongkol	Tanaman dicabut
Posisi tongkol (14 hari sebelum panen)	Pilih yang letak 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	Kelobot menutup skor 1-2, kelobot melekat kuat dan rapat.	Pilih skor 1-2
Kualitas tongkol per famili	Skor penampilan tongkol (1 baik hingga 5 buruk)	Pilih skor 1-2
Tongkol kupas	Bentuk tongkol, bentuk biji, warna biji, ukuran biji, dan bobot biji sesuai deskripsi	Dipilih yang sesuai deskripsi

Sumber: Puslitbangtan, 2016b

Tabel 19. Warna sekam, warna malai, dan warna rambut galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan.

No. Varietas	Nama galur tetua		Warna sekam*		Warna malai*		Warna rambut*	
	Betina	Jantan	Betina	Jantan	Betina	Jantan	Betina	Jantan
1 Bima-2 B.	B11-209	Mr 14	K	H	H	K	M	K
2 Bima-3 B.	Nei 9008	Mr 14	H	H	K	K	M	K
3 Bima-12Q	Mr 4Q	Mr 14Q	M	M	M	M	M	M
4 HJ-21 A	N 79	Mr 14	H	H	K	HK	HK	HU
5 HJ-22 A.	SP 006	Mr 14	K	H	HK	HK	H	HU
6 JH-27	CY 7	Mr 14	H	H	HK	HK	H	HK
7 JH-234	CY 10	Mr 14	H	H	HK	HK	KH	HK
8 JH-36	Nei 9008P	GC 14	H	K	KM	H	U	M
9 JH-45	B11-209	AMB-231	H	H	K	KK	KM	KM

\* K = krem; H = hijau; M = merah; U = ungu; KM = krem kemerahan;

KK = krem kekuningan; HK = hijau kekuningan; HU = hijau keunguan;

KH = krem kehijauan.

Sumber: SK Menteri Pertanian

- j) Panen: dilakukan setelah tanaman masak fisiologis yaitu kelobot tongkol telah mengering dan berwarna kecoklatan, biji telah mengeras dan telah mulai membentuk lapisan hitam (*black layer*) minimal 50% di setiap barisan biji. Pada saat itu biasanya kadar air biji telah mencapai kurang dari 30%. Tongkol yang telah lolos seleksi dan memenuhi kriteria kemudian dipanen, dijemur hingga kering, dan diproses lebih lanjut untuk dijadikan benih.

- k) **Prosesing:** penjemuran atau pengeringan tongkol dilakukan hingga kadar air mencapai 16%, kemudian dipipil dengan mesin pemipil atau secara manual. Biji disortasi menggunakan ayakan berdiameter 7 mm atau lubang ayakan disesuaikan dengan ukuran biji setiap galur. Biji-biji yang tidak lolos ayakan dijadikan sebagai benih dengan cara dijemur atau dikeringkan kembali hingga kadar air mencapai  $\pm 10\%$ . Pengujian daya tumbuh benih dilakukan sebelum benih dikemas dalam kantong plastic buram dengan ketebalan 0,2 mm dan dipress (usahakan udara dalam plastic seminimal mungkin). Selama proses pasca panen, mulai saat panen hingga pengemasan maksimum 10 hari. Benih yang telah dikemas, diberi label (nama galur inbrida, tanggal panen, kadar air benih waktu dikemas, dan daya kecambah) dan disimpan di rak-rak benih dalam gudang atau ruang ber-AC agar benih dapat bertahan lama.

## 7.2. Teknologi Produksi Benih Sebar

Tahapan kedua dalam produksi benih hibrida adalah produksi sebar (BR atau F1) yang merupakan kegiatan setelah calon varietas dinilai layak sebagai varietas unggul baru oleh Tim Penilai dan Pelepas Varietas (TP2V) Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian. Benih Sebar (BR) adalah benih yang diproduksi oleh produsen/penangkar benih di daerah dan pengendalian mutunya melalui sertifikasi benih oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) atau Sistem Manajemen Mutu. Label benih sebar berwarna biru. Proses sertifikasi benih merupakan rangkaian kegiatan yang diawali dengan pemeriksaan dan pengawasan produksi benih di lapangan, pengujian mutu benih di laboratorium, dan penerbitan sertifikat atau label benih. Tujuan sertifikasi benih adalah untuk menjamin kemurnian genetik, mutu fisik, dan mutu fisiologis benih sesuai standard mutu yang ditetapkan dan layak untuk disebarluaskan atau dijual kepada pengguna dalam hal ini para petani. Dalam Undang - Undang No.12 tahun 1992 tentang Sistem Budi Daya Tanaman dinyatakan bahwa benih dari varietas unggul yang telah dilepas oleh pemerintah disebut Benih Bina yang dalam peredarannya harus melalui proses sertifikasi (Puslitbangtan, 2016 b).

Produksi Benih Sebar (F1) dilakukan melalui persilangan dua inbrida untuk menghasilkan benih hibrida silang tunggal (ST). Tetua jantan dan betina ditanam dalam barisan yang berbeda secara berselang-seling dengan perbandingan empat baris tetua betina dan satu baris tetua jantan atau tergantung pada banyaknya tepungsari yang dihasilkan oleh tetua jantan. Semua tanaman pada baris tetua betina dilakukan pencabutan bunga jantan (*detasseling*) pada saat dua hari bunga jantan terlihat keluar dari kuncup agar tidak terjadi penyerbukan sendiri pada baris tetua betina (Gambar 18).



Gambar 18. Pencabutan malai bunga jantan pada baris tetua betina. Malai pada baris tetua jantan tidak dicabut.

Yang harus diperhatikan pada perbanyakan benih galur inbrida atau produksi Benih Sebar yaitu perlunya pencabutan tanaman tipe simpang (*roguing*) pada kedua induk jantan dan betina sebelum berbunga. Karakter penciri galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 18. Tanaman yang terlalu tinggi dan yang vigornya menyolok dibandingkan keragaan rata-rata pertanaman harus dibuang. Demikian juga karakter utama pada tanaman yang menjadi penciri suatu galur sesuai data yang ada di deskripsi varietas yaitu warna sekam, warna malai, dan warna rambut. Tahapan Produksi Benih Sebar sama dengan perbanyakan benih galur inbrida, kecuali pemisahan petak antara induk jantan dan betina pada perbanyakan benih galur inbrida. Tahapan mulai dari pemilihan lokasi, persiapan lahan, isolasi, tanam, *roguing*, *detasseling*, panen, hingga prosesing benih harus sesuai standar mutu yang tercantum dalam panduan (Puslitbangtan, 2016b).

Untuk menghasilkan benih hibrida STJ, maka tetua betina (hibrida ST) disilangkan tetua jantan (galur inbrida). Untuk menghasilkan benih hibrida SG, maka sebagai tetua betina dan tetua jantan adalah dua hibrida ST yang berbeda galur inbridanya. Pada produksi benih hibrida STJ, sebagai tetua betina adalah hibrida ST yang berbunganya lebih cepat dibandingkan galur inbrida yang sebagai tetua jantan. Demikian juga untuk hibrida ST yang berbeda umur berbunga antara induk betina dan induk jantan, sehingga diperlukan teknik penundaan atau percepatan periode berbunga pada salahsatu tetua. Pemotongan pucuk tanaman pada 21 hari atau 35 hari setelah tanam dapat mempercepat saat 50% tanaman jagung keluar rambut yakni 59 hari menjadi 57 hari setelah tanam (Harnowo dan Mejaya, 1995; Mejaya dan Moedjiono, 1994; Mejaya, 1997a).

Hibrida Silang Tiga Jalur menghasilkan jumlah benih hibrida F1 yang lebih banyak (2 kali lipat) dibandingkan hibrida Silang Tunggal, sehingga harga benih hibrida Silang Tiga Jalur lebih murah hingga 50% dibandingkan hibrida Silang Tunggal. Hal ini disebabkan karena benih yang dipanen pada hibrida Silang Tiga

Jalur adalah hasil dari induk betina yang berupa hibrida Silang Tunggal. Hibrida yang dilepas pada periode 2001 hingga sekarang umumnya hibrida Silang Tunggal (ST) yaitu persilangan antara dua galur inbrida, kecuali varietas Bima-19 URI dan Bima-20 URI yang merupakan hibrida STJ. Potensi hasil benih dan produktivitas benih galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan disajikan pada Tabel 20.

Produktivitas Benih Sebar per ha untuk hibrida Silang Tunggal yaitu minimum 2 ton/ha, sedangkan untuk hibrida Silang Tiga Jalur (seperti Bima 19 dan Bima 20) dapat mencapai 4 ton/ha (Puslitbangtan, 2015; 2016). Potensi hasil benih dari 9 varietas unggul jagung hibrida, untuk tetua betina berkisar antara 2,50 hingga 3,40 ton/ha, dengan produktivitas berkisar antara 1,50 hingga 2,70 ton/ha. Sedangkan untuk tetua jantan berkisar antara 2,50 hingga 3,00 ton/ha dengan produktivitas berkisar antara 1,50 hingga 2,00 ton/ha. Potensi hasil benih dari sembilan 9 varietas unggul jagung hibrida, untuk tetua betina berkisar dari 2,50 hingga 3,40 ton/ha, dengan produktivitas berkisar dari 1,50 hingga 2,70 ton/ha. Sedangkan untuk tetua jantan berkisar dari 2,50 hingga 3,00 ton/ha dengan produktivitas berkisar dari 1,50 hingga 2,00 ton/ha. Galur CY 7 dan CY 10 yang merupakan tetua betina dari varietas unggul jagung hibrida JH-27 dan JH-234 memberikan potensi hasil benih tertinggi masing-masing sebesar 3,30 dan 3,40 ton/ha dengan produktivitas masing-masing 2,50 dan 2,70 ton/ha. Secara umum rata-rata potensi hasil dan produktivitas tetua betina lebih tinggi sekitar 0,30 ton/ha di atas tetua jantan (Tabel 20). Pada jagung tidak terjadi *maternal effect* (pengaruh tetua betia), sehingga galur yang memiliki daya hasil benih lebih tinggi dijadikan sebagai tetua betina, sedangkan galur yang menghasilkan tepungsari lebih banyak dijadikan sebagai tetua jantan.

Tabel 20. Potensi hasil benih dan produktivitas benih galur tetua dari varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan.

No. Varietas	Nama Galur Tetua		Potensi benih (ton/ha)		Produktivitas benih (ton/ha)	
	Betina	Jantan	Betina	Jantan	Betina	Jantan
1 Bima-2 B.	B11-209	Mr 14	2,50	2,50	1,50	1,50
2 Bima-3 B.	Nei 9008	Mr 14	2,80	2,50	1,60	1,50
3 Bima-12Q	Mr 4Q	Mr 14Q	2,50	2,50	1,50	1,50
4 HJ-21 Agritan	N 79	Mr 14	2,50	2,50	1,50	1,50
5 HJ-22 Agritan	SP 006	Mr 14	2,50	2,50	1,50	1,50
6 JH-27	CY 7	Mr 14	3,30	2,50	2,50	1,50
7 JH-234	CY 10	Mr 14	3,40	2,50	2,70	1,50
8 JH-36	Nei 9008P	GC 14	3,00	2,50	2,50	2,00
9 JH-45	B11-209	AMB-231	3,00	3,0	2,00	1,50
<b>Rata-rata</b>			<b>2,83</b>	<b>2,55</b>	<b>1,92</b>	<b>1,55</b>

\* Sumber: SK Menteri Pertanian

## VIII. PENGEMBANGAN VARIETAS UNGGUL JAGUNG HIBRIDA

Hingga tahun 2016, Pemerintah Indonesia telah melepas 203 varietas jagung, baik jagung non-hibrida (bersari bebas/komposit) maupun jagung hibrida yang dihasilkan oleh Kementerian Pertanian (melalui Badan Litbang Pertanian), Perguruan Tinggi, dan perusahaan swasta. Badan Litbang Pertanian (Balitbangtan) hingga tahun 2016 telah melepas 39 varietas unggul jagung hibrida yaitu hibrida Semar 1 dilepas tahun 1992 hingga hibrida JH 45 dilepas tahun 2016 (Lampiran 1). Saat ini varietas jagung hibrida yang beredar di pasaran lebih banyak diarahkan pada lahan optimal terutama di lahan sawah irigasi dan swah tadah hujan setelah panen padi untuk mencapai potensi hasil tinggi. Pengembangan jagung hibrida pada lahan kering beriklim basah dan lahan kering beriklim kering dilakukan dengan sasaran yaitu: a) meningkatnya produktivitas dan luas areal tanam; b) makin kompetitifnya usahatani jagung di lahan kering dibandingkan dengan komoditas lain; c) makin efisiennya sistem produksi jagung, serta d) tercapainya swasembada jagung yang berkelanjutan mendukung ketahanan pangan nasional maupun sebagai komoditas ekspor.

Agar petani terjamin ketersediaan benihnya pada setiap musim tanam, maka peran UPBS di UPT lingkup Balitbangtan, peran Produsen (Pelisensi), dan peran Gapoktan sangat penting dalam penyediaan benih dan produksi jagung secara berkelanjutan.

### 8.1. Peran Diseminasi Balitbangtan

Dalam pengembangan varietas unggul jagung hibrida, Balitbangtan melakukan diseminasi melalui *visitor plot* di Balitsereal, Maros, Sulawesi Selatan (Gambar 19), pengenalan varietas unggul baru di lahan petani dan pelatihan dalam produksi benih sebar kepada kelompok tani (Gambar 20), pendampingan produksi benih sebar di perusahaan swasta (Gambar 21), dan menyediakan benih induk sebagai tetua varietas jagung hibrida untuk didistribusikan kepada Produsen (Pelisensi dan Gapoktan) guna memproduksi benih jagung hibrida kelas Benih Sebar (Gambar 22). Penyediaan benih tetua dari varietas unggul jagung hibrida untuk para pelisensi/produsen dilakukan oleh UPBS Balitsereal, Balitbangtan. Hasil penyediaan benih sumber varietas unggul didistribusikan ke berbagai BPTP, BBI, BBU, dan penangkar di daerah serta swasta yang melisensi varietas unggul Balitbangtan. Keberhasilan pelisensi/produsen dalam memproduksi benih jagung hibrida kelas Benih Sebar mendapat perhatian yang sangat tinggi terutama untuk menjaga kualitas (produktivitas) benih per ha dan mutu (keseragaman pertanaman F1 setelah Benih Sebar ditanam oleh petani).



Gambar 19. *Visitor plot* di Balitseréal, Maros, Sulawesi Selatan memperkenalkan jagung hibrida tongkol ganda varietas NASA 29 rakitan Balitbangtan tahun 2017.



Gambar 20. Pengenalan varietas unggul baru jagung hibrida rakitan Balitbangtan di lahan petani.



Gambar 21. Pendampingan produksi benih sebar di perusahaan swasta yang melisensi varietas unggul baru jagung hibrida rakitan Balitbangtan.

Kemampuan Balitbangtan dalam menyediakan benih induk dari varietas jagung hibrida yang dilisensi oleh Perusahaan Swasta harus didukung oleh sumber daya manusia (SDM) yang kompeten di Unit Pengelola Benih Sumber (UPBS) yang ada di Balitsereal di Maros, Sulawesi Selatan, serta oleh UPBS yang ada di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) di Provinsi sentra jagung di Indonesia. Produksi benih sumber jagung di UPBS Balitsereal mengacu pada sistem perbenihan jagung berbasis ISO 9001: 2008, didukung oleh SDM yang berkualitas serta laboratorium yang terakreditasi berbasis ISO/IEC 17025:2008. Untuk memenuhi permintaan benih sumber sereal oleh para stakeholder yang kian meningkat, kinerja UPBS Balitsereal perlu ditingkatkan terutama dalam hal peningkatan kualitas penyediaan benih penjenis (BS). Selain itu perlu dilakukan penguatan sistem pengendalian mutu benih internal yang meliputi sistem pengawasan dalam rangkaian sistem produksi benih, mulai dari penyiapan benih sumber, produksi, prosesing, penyimpanan, dan distribusi. Benih sumber yang telah didistribusikan ke pelanggan diprogramkan untuk dapat mencapai tepat waktu, volume, kuantitas sesuai yang dibutuhkan dan kualitas lebih baik sesuai kualitas yang baku.

Peningkatan kinerja UPBS Balitsereal didukung oleh SDM yang terlatih dalam menangani sistem produksi, pengolahan, distribusi dan pengendalian mutu benih sumber secara tepat, untuk itu pengetahuan dan ketrampilan personel yang ada perlu ditingkatkan terus. Kondisi fasilitas UPBS, baik sarana laboratorium pengujian benih, sarana prosesing dan penyimpanan benih (pengeringan, pemipilan, sortasi, alat pengemas dan pengaman kerja) telah ditingkatkan termasuk fasilitas pengangkutan benih, alat pendingin gudang penyiapan benih serta bahan. Dengan operasionalnya seluruh peralatan yang ada pelayanan benih sumber dapat berjalan lebih optimal (cepat, tepat dan lebih efisien). Untuk memenuhi permintaan benih sumber kelas BS dari para *stakeholder* dan penangkar benih jagung, sudah dibentuk jaringan alih teknologi,



Gambar 22. Benih yang diproduksi oleh Unit Pengelola Benih Sumber (UPBS) yang ada di Balitsereal di Maros, Sulawesi Selatan.

produksi, dan distribusi benih sumber sereal, sehingga ketersediaan benih sumber (BS) di beberapa Propinsi/ Kabupaten produsen jagung dapat terpenuhi sehingga dapat diproduksi dengan cepat dan tepat.

Dengan adanya program swasembada jagung yang didukung oleh program benih jagung hibrida berbantuan oleh Kementerian Pertanian, maka pada tahun 2017, benih jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan dialokasikan seluas 1,2 juta hektar untuk lahan optimal (sawah irigasi atau sawah tadah hujan) yaitu sekitar 40% dari tiga juta ha luas benih jagung berbantuan Kementerian Pertanian. Dari luasan 1,2 juta hektar ini dibutuhkan 16.800 ton Benih Sebar (BR). Target total 17.831 ton BR dari 13 varietas jagung hibrida akan diproduksi untuk memenuhi program ini. Pada tahun 2017, Balitbangtan telah mendistribusikan sebanyak 312 ton benih induk yang berupa galur inbrida kepada Produsen (Tabel 21).

## 8.2. Peran Perusahaan Swasta

Dalam rangka mempercepat adopsi varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan, maka Balitbangtan bekerjasama dengan Perusahaan Swasta untuk memproduksi benih sebar jagung hibrida rakitan Balitbangtan. Sebanyak 11 varietas unggul jagung hibrida telah dilisensi oleh 9 Perusahaan Swasta sejak tahun 2012 (Tabel 22). Secara umum pelisensi tersebut merupakan perusahaan

Tabel 21. Benih induk yang telah didistribusikan ke Produsen Benih oleh Balitbangtan Agustus 2016 – Januari 2017.

No. Tetuadari varietas	Produksi Benih Induk (ton)						Total (ton)
	Agust. 2016	Sept. 2016	Okt. 2016	Nov. 2016	Des. 2016	Jan. 2017	
1 Bima 2	2		2		2	4	10
2 Bima 3	-	2	-	-	-	-	2
3 Bima 9	-	-	4	4		5	13
4 Bima 10		5	4	4	4	4	21
5 Bima 14	6	6	5	5	5	5	32
6 Bima 15	4	-	6	-	-	-	10
7 Bima 16	5	3	2	2	2	8	22
8 Bima 18	5	2	2	3	3	5	20
9 Bima 19	5	5	5	5	5	10	35
10 Bima 20	5	5	5	5	5	10	35
11 HJ 21	4	4	4	2	2	4	20
12 JH 27	-	5	4	5	5	8	27
13 JH 36	4	2	2	2	2	2	14
14 JH 45	5	4	4	2	2	4	21
15 Nasa 29	10	2	3	5	5	5	30
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>68</b>	<b>312</b>

Sumber: Balitsereal, 2017

pemula dalam memproduksi benih jagung hibrida, sehingga perlu pendampingan teknis dari Baitbangtan (Puslitbangtan, 2014).

Sebagai gambaran peran Swasta dalam mengembangkan varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan, maka disampaikan volume benih sebar yang telah diproduksi dan distribusikan ke petani di beberapa Provinsi oleh tiga produsen dari sekitar 20 produsen yang melisensi varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan (Tabel 23).

Tabel 22. Kerjasama lisensi varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan.

No.	Varietas	Nama Pelisensi/Produsen	Nomor Perjanjian	Jangka waktu
1	Bima-2	PT. Saprotan Benih Utama, Semarang	92.A/SR.340/1.2.3/12/2012	2012-2017
2	Bima-3	PT. Golden Indonesia Seed (GIS), Kediri	79/SR.120/1.2.3/12/2012	2012-2017
3	Bima-4	PT. Bintang Timur Pasifik	342/LB.220/1.1/03/2009	2009-2014
4	Bima-5	PT. Alam Sutera	343/LB.220/1.1/03/2009	2009-2014
5	Bima-6	PT. Makmur Sejahtera Utama	344/LB.220/1.1/03/2009	2009-2014
6	Bima-7	PT. Biogen Plantation	228/SR.3401/1.2.3/2011	2011-2016
7	Bima-9	PT. Tosa Agro	158/SR.3401/1.2.3/11/2010	2011-2015
8	Bima-10	PT. Tosa Agro	160/SR.3401/1.2.3/11/2010	2011-2015
9	Bima-11	PT. Tosa Agro	161/SR.3401/1.2.3/11/2010	2011-2015
10	Bima-12Q	PT. Berdikari	186/SM.3401/1.2.3/10/2010	2011-2016
11	Bima-16	PT. Pupuk Sriwijaya	2294.1/Kpts/SR.120/2013/452/SP/DIR/2013	2013-2018

Sumber: Puslitbangtan, 2014.

Tabel 23. Distribusi benih jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan oleh Produsen di Jawa Timur, tahun 2015-2017.

Varietas	Produsen Benih	Distribusi Benih*	
		(ton)	Daerah Pemasaran
Bima-3	PT Golden Indonesia Seed (GIS), Kediri, Jawa Timur	44	Jawa Timur, NTT, dan Sulawesi Barat
Bima-9	PT Srijaya Internasional (SI), Kediri, Jawa Timur	135	Jawa Timur, NTB, NTT, dan Maluku
Bima-20	PT. TWIN, Kediri, Jawa Timur	165	Jawa Timur, NTB, dan Sulawesi Utara
HJ-21	PT GIS, Kediri, Jawa Timur	210	Jawa Timur dan NTT
<b>Total</b>		<b>554</b>	

\*per 11 Oktober 2017

Sumber: Produsen (data diolah)

PT Golden Indonesia Seed (GIS) di Kediri, Jawa Timur dari tahun 2014 hingga awal 2017, telah memproduksi dan mendistribusikan benih F1 jagung hibrida Bima 3 sebanyak 44 ton dan HJ-21 sebanyak 210 ton ke petani. Daerah distribusi yaitu di Jawa Timur, NTT, dan Sulawesi Barat yang umumnya lahan kering. Menurut PT GIS, petani senang menanam Bima 3 karena keunggulannya yaitu produktivitasnya di tingkat petani berkisar antara 10,5-11 ton/ha, tahan penyakit (bulai, karat daun, dan busuk batang), beradaptasi baik pada lahan sub optimal, toleran kekeringan, batang tanaman kokoh, umur panen yang genjah (100 hari setelah tanam), tongkol yang besar, dan *stay green* (daun tanaman masih nampak hijau sehingga dapat digunakan untuk pakan ternak, terutama di bagian timur Indonesia). PT Srijaya Internasional (SI), Kediri, Jawa Timur telah memproduksi dan mendistribusikan benih F1 jagung hibrida Bima-9 sebanyak 135 ton ke petani di Jawa Timur, NTB, NTT, dan Maluku. PT. TWIN, Kediri, Jawa Timur telah memproduksi dan mendistribusikan benih F1 jagung hibrida Bima-20 sebanyak 165 ton ke petani di Jawa Timur, NTB, dan Sulawesi Utara. Rangkaian prosesing untuk menghasilkan Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida di pabrik di perusahaan swasta disajikan pada Gambar 23-25.



Gambar 23. Pabrik di perusahaan swasta siap memproses tongkol yang baru dipanen sebagai Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida.



Gambar 24. Kemasan Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan dan benih di gudang Perusahaan Benih Swasta yang siap didistribusikan ke petani.



Gambar 25. Benih Sebar (BR) varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang diproduksi oleh perusahaan swasta.

Tabel 24. Target produksi benih sebar jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan oleh Produsen pada tahun 2017.

No. Varietas	Target benih (ton)	Produsen
1 Bima-3	122	PT. GIS, Kediri, Jawa Timur
2 Bima-9	1.089	PT. Srijaya Int., Kediri, Jawa Timur
3 Bima-10	499	PT. Sang Hyang Seri
4 Bima-14	2.464	CV. Agro Indo Seed, Tulung Agung, Jawa Timur dan 7 Produsen lain
5 Bima-15	1.360	PT. Sang Hyang Seri (Persero) dan 4 Produsen lain
6 Bima-16	810	PT. TWIN, Kediri, Jawa Timur
7 Bima-19 URI	1.600	PT. Tani Solusi, Kediri, Jawa Timur dan 2 Produsen lain
8 Bima-20 URI	7.802	PT. Mulia Agro Sarana, Jakarta dan 10 Produsen lain
9 HJ-21	360	PT. GIS, Kediri, Jawa Timur
10 JH-27	650	PT. Pertani (Persero)
11 JH-234	225	PT. Green Grow Indonesia, Jakarta
12 JH-36	250	PT. Agri Makmur Pertiwi, Kediri, Jawa Timur
13 JH-45	600	PT. Agri Makmur Pertiwi, Kediri, Jawa Timur
<b>Total</b>	<b>17.831</b>	

Sumber: Balitsereal, 2017

Dengan adanya program swasembada jagung yang didukung oleh program benih jagung hibrida berbantuan oleh Kementerian Pertanian, maka pada tahun 2017, benih jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan dialokasikan seluas 1,2 juta hektar untuk lahan optimal (sawah irigasi atau sawah tadah hujan) yaitu sekitar 40% dari tiga juta ha luas benih jagung berbantuan Kementerian Pertanian. Dari luasan 1,2 juta hektar ini dibutuhkan 16.800 ton Benih Sebar (BR). Target total 17.831 ton BR dari 13 varietas jagung hibrida akan diproduksi untuk memenuhi program ini (Tabel 24).

Produksi benih jagung hibrida kelas BR dilakukan oleh Produsen/Pelicensi untuk mencapai target benih sebar sekitar 17.831 ton dari 13 varietas jagung hibrida yang diproduksi. Apabila varietas jagung hibrida rakitan Balitbangtan dapat meningkatkan produktivitas 1 ton/ha lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas jagung komposit, maka akan didapat peningkatan produksi sebesar 1,2 juta ton. Bila harga jagung pipilan kering Rp. 4.000 per kg, maka kontribusi varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan sebesar Rp 4,8 Triliun per musim tanam atau Rp 9,6 Triliun per tahun dengan dua kali musim tanam.

### 8.3. Peran Gapoktan

Untuk mempercepat pengembangan varietas unggul jagung hibrida, Balitbangtan melakukan diseminasi di lahan petani melalui pendampingan Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) dengan Kelompok Tani (Poktan) atau Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) melalui program model Desa Mandiri Benih (Gambar 26). Tujuan utamanya yaitu meningkatkan produksi jagung melalui peningkatan produktivitas disamping juga untuk menguatkan kelembagaan kelompok tani. Pada tahun 2013, Balitsereal mendistribusikan 9,71 ton benih sebar jagung hibrida dan 11,84 ton benih sebar jagung komposit ke 28 Provinsi untuk kegiatan uji adaptasi (*demfarm/display*) varietas unggul bekerjasama dengan BPTP, Diperta, dan penyuluh. Hasil uji adaptasi menunjukkan bahwa di Jawa Timur, jagung hibrida varietas Bima memberikan hasil biji 7,3-10,45 ton/ha; di Sulawesi Selatan, jagung hibrida varietas Bima memberikan hasil biji 7,74-8,23 ton/ha; dan di NTT jagung hibrida varietas Bima memberikan hasil biji 8,47-8,81 ton/ha (Balitsereal, 2014).



Gambar 26. Balitbangtan melakukan pendampingan produksi benih sebar jagung hibrida dengan Kelompok Tani (Poktan) di sentra produksi jagung.

Balitbangtan sejak tahun 2003 telah mengembangkan jagung hibrida melalui sistem Perbenihan Berbasis Komunitas dengan cara partisipatif melalui pembinaan kelompok tani dalam memproduksi benih sebar di beberapa Provinsi antara lain Jawa Tengah, NTB, NTT, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan, dan Lampung (Saenong *et al.*, 2005). Tahun 2013 dilakukan penangkaran hibrida STJ Bima-19 di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tengah dengan hasil benih hibrida F1 masing-masing 5,8 dan 6,9 ton/ha (Balitsereal, 2014; Puslitbangtan, 2014).

Hibrida STJ ini dapat dibuat sendiri benihnya oleh Kelompok Tani melalui program Desa Mandiri Benih (DMB) dengan pendampingan oleh Balitbangtan melalui Balitsereal dan BPTP di tiap sentra pengembangan jagung hibrida. Kelompok Tani (Poktan) atau Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) yang ada di tiap Desa dapat mempercepat pengembangan jagung hibrida rakitan Balitbangtan pada lahan optimal dan sub optimal. Balitbangtan pada tahun 2015 mulai membuat model DMB dengan pendampingan kepada Gapoktan oleh Balitbangtan dengan tujuan untuk menyediakan benih di lokasi sentra pengembangan jagung secara tepat waktu, benih bermutu tinggi, harga yang lebih murah dan terjangkau petani. Tahapan pelaksanaan penangkaran sebagai berikut: a). menentukan perkiraan kebutuhan benih di tingkat komunitas, lingkungan, pesanan swasta/pemerintah, termasuk masalah dan peluang penyediaan benih untuk musim tanam tertentu/pasar; dan b). menentukan model produksi spesifik lokasi termasuk harga benih, penyimpanan sementara, dan distribusi, pola pembiayaan, dan pembayaran benih melalui musyawarah Gapoktan (Puslitbangtan, 2014). Peningkatan bimbingan kepada Kelompok Tani dalam memproduksi benih sebar jagung hibrida Silang Tiga Jalur (STJ) dilakukan dengan bantuan program penyuluhan pertanian melalui keterkaitan penelitian dan penyuluhan (*Research and Extension Linkage*, REL). Hal ini untuk mempercepat proses alih teknologi dalam pengembangan varietas unggul baru jagung hibrida rakitan Balitbangtan. Hibrida STJ telah diprogramkan untuk mengganti jagung komposit yang produktivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan jagung hibrida. Dengan hasil benih hibrida STJ yang dapat mencapai 4-5 ton/ha yaitu dua kali lebih banyak dibandingkan dengan hibrida ST maka harga benih hibrida STJ dapat lebih murah dibandingkan dengan harga benih jagung hibrida ST (Takdir *et al.*, 2007; Puslitbangtan, 2014).

Peluang pengembangan jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan pada lahan suboptimal cukup besar. Jika lahan kering yang biasa ditanami jagung komposit sebesar 28% (1 juta ha) diganti dengan hibrida varietas rakitan Balitbangtan dengan produktivitas 6 ton/ha (meningkat 1 ton/ha dibandingkan produktivitas nasional saat ini sekitar 5 ton/ha), maka akan didapat peningkatan produksi sebesar 1 juta ton (sekitar 5% dari produksi jagung tahun 2015 sebesar 19,8 juta ton). Peningkatan produksi akan bertambah jika menggunakan lahan sub optimal yang belum ditanami jagung terutama di luar Jawa. Potensi lahan kering, terdiri dari lahan tegal seluas 12,01 juta ha dan lahan ladang seluas 5,02 juta ha sehingga total lahan kering yang tersedia saat ini sejumlah 17,04 juta ha.

Pengembangan jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan dalam jangka panjang diarahkan ke lahan sub optimal untuk mengganti jagung komposit. Berdasarkan data pada tahun 2015, luas lahan yang menggunakan varietas jagung komposit rakitan Balitbangtan (varietas Bisma dan Lamuru) sebanyak 7,52% (278.992 ha) dari luas total luas panen jagung 3,71 juta ha. Dengan peningkatan produktivitas 1,0 ton/ha (dibandingkan varietas lama atau lokal) dan harga jagung Rp 4.000 per kg, maka kontribusi jagung komposit varietas rakitan Balitbangtan sebesar Rp 1,11 Triliun. Bila 50% dari 45,21% (1,68 juta ha) luas lahan gabungan varietas unggul lain dapat ditanami hibrida rakitan Balitbangtan, maka akan terdapat 0,84 juta ha lahan menggunakan varietas jagung hibrida rakitan Balitbangtan dari total luas panen jagung 3,71 juta ha. Dengan peningkatan produktivitas 2,0 ton/ha (dibandingkan varietas lama atau lokal) dan harga jagung Rp 4.000 per kg, maka kontribusi jagung hibrida varietas rakitan Balitbangtan sebesar Rp 6,71 Triliun. Beberapa varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan telah diadopsi petani dan benihnya telah diproduksi oleh Pelisensi, serta peneliti (pemulia) telah memperoleh royalti dari kerja kerasnya dalam merakit varietas unggul untuk kesejahteraan petani (Gambar 27).



Gambar 27. Peneliti Balitbangtan telah memperoleh royalti dari Perusahaan Swasta yang melisensi invensinya termasuk varietas unggul jagung hibrida.

## IX. PENUTUP

- Balitbangtan telah melepas varietas unggul jagung hibrida adaptif lahan optimal dan sub optimal dengan karakter potensi hasil tinggi, umur genjah, toleran cekaman kekeringan, dan tahan penyakit utama.
- Jagung hibrida perlu mendapat prioritas pengembangan pada lahan sub optimal karena lahan optimal lebih diprioritaskan untuk peningkatan produksi padi.
- Program Desa Mandiri Benih melalui peran Kelompok Tani dengan pendampingan oleh Balitbangtan dapat mempercepat pengembangan jagung hibrida pada lahan optimal dan sub optimal.
- Penyediaan benih induk untuk varietas jagung hibrida yang dilisensi oleh Perusahaan Swasta perlu didukung oleh Unit Pengelola Benih Sumber (UPBS) yang ada di Balitsereal di Maros, Sulawesi Selatan, serta oleh UPBS yang ada di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) di Provinsi sentra jagung di Indonesia.
- Pengembangan jagung hibrida adaptif lahan kering oleh Kementerian Pertanian yang telah direncanakan dalam Grand Design Jagung Tahun 2016-2045 diharapkan dapat menjadi kunci tercapainya swasembada jagung nasional yang berkelanjutan dan jagung sebagai komoditas ekspor menuju Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia.



## DAFTAR PUSTAKA

- Azrai, M. 2013. Jagung hibrida genjah: prospek pengembangan menghadapi perubahan iklim. *Iptek Tanaman Pangan* 8(2): 90-96.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2015. Perkembangan Pengelolaan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan Alih Teknologi Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Luas Lahan Menurut Penggunaan, 2014. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Luas panen, Produktivitas, dan Produksi Jagung menurut Provinsi. 1993-2015. <https://www.bps.go.id/Subjek/view/id/53#subjekViewTab3>
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2014 Highlight Balai Penelitian. Tanaman Serealia 2013. Maros.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2017. Percepatan hilirisasi inovasi teknologi tanaman serealia mendukung pencapaian target swasembada jagung dan serealia lain. Rapat Kerja Puslitbangtan 2017. Bogor.
- Banziger M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice. Mexico, D.F. CIMMYT
- Bernardo, R. 2002. Breeding in Quantitative Traits in Plants. Stemma Press, Woodbury, Minnesota.
- Biba, M.A. 2016. Preferensipetani terhadap jagung hibrida berdasarkan karakter agronomic, produktivitas, dan keuntungan usahatani. *Jurnal Penelitian Pertanian*. 35(1): 81-88.
- Castro, M., C.O. Gardner, and J.H. Lonquist. 1968. Cumulative gene effects and the nature of heterosis in maize crosses involving genetically diverse races. *Crop Sci*. 8:97-101.
- Crossa, J., C.O. Gardner, and R.F. Mumm, 1987. Heterosis among populations of maize with different levels of oxtotic germplasm. *Theor. Appl. Genet*. 73:445-450.
- 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.
- Dahlan, M.M., M.J. Mejaya, F. Kasim, M. Basir, M. Yasin, A. Takdir, R. Iriani, N.A. Subekti, dan M. Isnaini. 2004. Perbaikan genetik plasma nutfah jagung untuk pembentukan varietas unggul untuk pangan dan pakan. *Balitsereal*. Maros. p. 63.
- Dahlan, M.M. and M.J. Mejaya. 2005. Yield and Stability of Maize Hybrids Compared to Open Pollinated Varieties. *China Agricultural Science and Teknologi Press, Proceeding of th Ninth Asian Regional Maize Workshop, September 5-9, 2005, Beijing, China*. 72-75.

- Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*6:36-40.
- Eck. 1986. Effects of water deficits on yield components and water use efficiency of irrigations and water use efficiency of irrigated corn. *Agron J.* 78:1035-1040.
- Edmeades. G. O. J. Bolanos. and H.R. Lafitte. 1992. Program in breeding for drought tolerance in maize. Proceeding of the 47<sup>th</sup> annual corn and sorghum industry. Research conference ASTA. Washington. D.C.
- Efendi, R. and M. Azrai. 2010. Tanggap genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan: peranan akar. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(1):1-10.
- Efendi, R., Y. Musa, M.F. Bdr, M.D. Rahi, M. Azrai, dan M. Pabendon. 2015. Seleksi jagung inbrida dengan marka molekuler dan toleransinya terhadap kekeringan dan nitrogen rendah. *Jurnal Penelitian Pertanian.* 34(1): 43-53.
- Efendy, R. dan M. Azrai., 2010. Tanggap genotip jagung terhadap cekaman kekeringan: Peranan akar. *Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 29 (1): 8-10.
- Falconer, D.S. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics.* 43<sup>rd</sup> edition. Longman Scientific and Technical. New York; Fehr, W.R. 1987. *Principles of Cultivar Development.* Volume 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. New York.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. p.257-270. Proceedings of the international symposium on "adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. Tainan. Taiwan.
- Fisher. K., E.C. Johnson, and G.E. Edmeades., 1981. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. CIMMYT. AMTC. GPO Box 2453 Bangkok.
- Gauch, H.G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science, New York, 278p.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda FO.1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding* (2<sup>nd</sup> edition). Iowa State University Press, Ames.
- Hallauer, A.R., W.A. Russell, and K.R. Lamkey.1988. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding population. *Euphytica* 25:117-127.
- Harnowo, D. Dan M.J. Mejaya. 1995. Teknik penundaan periode berbunga pada tetua hibrida untuk produksi benih jagung hibrida. Edisi Khusus Balitkabi 1: 104-108. Malang.

- Hede, A.R., G. Srinivasan, O. Stolen, and S.K. Vasal. 1999. Identification of heterotic pattern in tropical inbred maize lines using broad-based synthetic testers. *Maydica* 44:325-331.
- Hermanto, D. Sadikin, E. Hikmat. 2009. Deskripsi Varietas Unggul Palawija 1918-2009. Puslitbang Tanaman Pangan.
- Indriani, F.C. dan M.J. Mejaya. 2012. Toleransi Genotipe Jagung Biji Putih terhadap Cekaman Kekeringan. Prosiding Seminar Nasional Tanaman Pangan: Inovasi Teknologi Berbasis Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Buku 3, hal. 411-420.
- Iriany, R.N., A. Takdir, Yasin H.G, and M.J. Mejaya. 2007. Maize genotypes tolerance to drought stress. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 26(3): 156-60.
- Jamil A, M.J. Mejaya, H.R. Praptana, N.A. Subekti, M. Aqil, A. Musadad, dan F. Putri. 2016. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2010-2016. Puslitbang Tanaman Pangan.
- Kaihatu, S.S. dan M. Pasireron. 2016. Adaptasi beberapa varietas jagung pada agoekosistem lahan kering di Maluku. *Jurnal Penelitian Pertanian*. 35 (2):141-147.
- Kementerian Pertanian. Statistik Pertanian 2015. Kementerian Pertanian. Jakarta; 2015.
- Kementerian Pertanian. 2016. Grand Design Jagung tahun 2016-2045.
- Kementerian Pertanian. 2016. Produksi, Luas Panen, dan Produktivitas Palawija di Indonesia, 2013-2016. [http://www.pertanian.go.id/ap\\_pages/mod/datatp](http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datatp);
- Lee, M., E.B. Godshalk, K.R. Lamkey, dan W.L. Wooman. 1989. Association of restriction fragment length polymorphism among maize inbreds with agronomic performance of their crosses. *Crop Sci*. 33:73-77.
- McIntosh, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. *Agron. J*. 75:153-155.
- Mejaya, M.J. and R.J. Lambert. 1992a. Improving performance of adapted corn hybrid using exotic inbreds. *Indonesian Journal of Crop Science* 7(2) : 55-62.
- Mejaya, M.J and R.J. Lambert. 1992b. Incorporation of exotic corn inbreds to improve chemical grain concentration of adapted hybrids. *Zuriat* 3(2) : 15-19.
- Mejaya, M.J. and Sholihin. 1993. Application of selection indexes for corn grain yield and agronomic characters S1 lines. *Buletin Instiper* 4(1):22-29
- Mejaya, M.J. and Moedjiono. 1994. Selection progress and genetic variability of Acer corn population. *Tropika* 5(3): 1-6.

- Mejaya, M.J., Moedjiono, and T.Wijono. 1994. Genetic variability for yield and yield components of MC.A corn population. *Majalah Ilmiah UPN Veteran Jawa Timur* 4(2): 134-143.
- Mejaya, M.J. 1994. Downey mildew resistance of crosses among Mexican and Indonesian corn inbred lines. *Jurnal Tropika* 6(3): 1-10.
- Mejaya, M.J. dan Moedjiono. 1994. Keragaan dan keeratan hubungan antara karakter malai dengan karakter agronomis lainnya pada jagung. *Agrijournal* 2(2): 14-19.
- Mejaya, M. J. dan Moedjiono. 1995. Keragaman genetik sifat-sifat kuantitatif plasma nutfah jagung. *Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Malang Tahun 1994*. Balittan Malang. p. 181-185.
- Mejaya, M.J., dan S. Slamet. 1995. Performance and yield stability of early maturing corn genotypes. *Zuriat* 6(1): 10-16.
- Mejaya, M.J., Moedjiono, T. Wijono. 1995. Pengaruh kepadatan tanaman terhadap hasil dan intensitas serangan penyakit busuk pelepah pada seleksi berulang jagung umur genjah. *Majalah Ilmiah UPN Veteran* 5(6): 152-158.
- Mejaya, M.J. dan E. Ishartati. 1997. Kemajuan Seleksi Berulang Saudara Kandung Terhadap Kekeringan pada Populasi Jagung Umur Genjah. *Jurnal Tropika* 5(2):133-143.
- Mejaya, M.J. 1997a. Heterosis and Combining Ability for Tassel and Ear Characters of Maize Inbred Lines. *Jurnal Agrotropika* 2(2): 50-57.
- Mejaya, M.J. 1997b. Maksimasi Produksi Jagung Dengan Menggunakan Varietas Hibrida di Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Widya Gama* 3(5): 224-230.
- Mejaya, M.J. 1998. Heterosis and Combining Ability of MARIF and CIMMYT's Corn Inbred Lines. *Media Publikasi Ilmiah Agri Journal* 5(1-2): 52-59.
- Mejaya, M.J, Ishartati E. 1998. Analisis Galur x Penguji Dalam Penentuan Daya Gabung Galur Inbrida Jagung. *Jurnal Pertanian Tropika* 6(1): 41-50.
- Mejaya, M.J. and R.J. Lambert. 2003. Selection Response, Genetic Variation, and Combining Ability of High Oil Maize Genotypes. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, IL., USA.
- Mejaya, M.J., Yasin H.G., dan R. Efendi. 2006a. Peranan Plasma Nutfah Jagung Sebagai Sumber Gen Dalam Pembentukan Varietas Unggul. *Prosiding Seminar Nasional Jagung 2005 di Makassar*. Pusat Penelitian & Pengembangan Tanaman Pangan. 111-122.
- Mejaya, M.J., M. Dahlan, dan M. Pabendon. 2006b. Pola Heterosis Dalam Pembentukan Varietas Unggul Jagung Bersari Bebas dan Hibrida. *Badan Litbang Pertanian, Risalah Seminar 2005, Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan*. 123-138.
- Mejaya, M.J., M. Azrai, dan R.N. Iriany. 2007. Pembentukan Varietas Unggul Jagung Bersari Bebas. hal. 55-73. Dalam Sumarno *et al.* (penyunting). *Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan*. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

- Mejaya, M.J., R.H. Praptana, N.A. Subekti, M. Aqil, A. Musadad, dan F. Putri. 2015. Deskripsi Varietas Unggul Tanaman Pangan 2009-20154. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. 149 hal.
- Misevic, D., A. Maric, D.E. Alexander, J. Dumanovic, and S. Ratkovic. 1989. Population cross diallel among high oil populaations of maize. *Crop Sci.* 29:613-617.
- Moentono, M.D. dan L.L. Darrah. 1987. Heterosis beberapa sifat agronomis jagung dan hasil seleksi bertahap yang mendukung hipotesis dominan. *Media Penelitian Sukamandi.* 4:1-4.
- Moentono, M.D. 1988. Pembentukan dan produksi benih varietas hibrida jagung. Dalam Subandi *et al.*, (penyunting). Jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 423 hal.
- Moedjiono dan M.J. Mejaya. 1994. Variabilitas genetik beberapa karakter plasma nutfah jagung koleksi Balittan Malang. *Zuriat* 5(2): 27-32.
- Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, O. Suherman, M Dahlan, and Subandi. 2005. Aplication of SSR Marker to Fingerprint Maize Hybrids and Their Parental Lines. China Agricultural Science and Teknologi Press, Proceeding of th Ninth Asian Regional Maize Workshop, September 5-9, 2005, Beijing, China. 86-88.
- Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, M. Azrai, Sutrisno, dan M Dahlan. 2006. Aplikasi Marka Mikrosatelit Pada Studi Keragaman Genetik Inbrida Jagung dan Sidik Jari Kultivar Jagung Hibrida. Prosiding Seminar Nasional Jagung 2005 di Makassar. Pusat Penelitian & Pengembangan Tanaman Pangan. 58-70.
- Pabendon, M.B., M. Azrai, M.J. Mejaya, dan Sutrisno. 2008. Keragaman genetik inbrida jagung QPM dan normal berbasis marka mikrosatelit dan hubungannya dengan penampilan hibrida. *Jurnal AgroBiogen* 4(2): 77-82.
- Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, J. Koswara, dan H. Aswidinnoor. 2009. Analisis keragaman genetik inbrida jagung berdasarkan marka SSR dan korelasinya dengan data fenotipik F1 hasil silang uji. *Indonesian Journal of Agriculture* 2(1): 41-48.
- Pabendon M.B, M.J. Mejaya, Koswara, Aswidinnoor H. 2010. Korelasi jarak genetik berbasis marka mikrosatelit inbrida jagung dengan bobot biji F1. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(1): 11-17.
- Pakki, S. dan A. Muis. 2007. Patogen utama pada tanaman jagung setelah padi rendengan di lahan sawah tadah hujan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(1):55-61
- Pakki, S. 2014. Epidemiologi dan strategi pengendalian penyakit bulai (*Perenosclerospora sp.*) pada tanaman jagung. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian.* 33(2): 47-52.

- Poehlman J.M. and D.A. Sleeper. 1995. *Breeding Field Crops*. (4<sup>th</sup> edition). Iowa State University Press, Ames.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2014. Laporan Tahunan 2013 Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2015. Laporan Tahunan 2014 Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Puslitbang Tanaman Pangan. 2016a. Laporan Tahunan 2015 Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Puslitbang Tanaman Pangan. 2016b. Pedoman Umum Produksi Benih Sumber Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Reif, J.C., A.R. Hallauer, dan A.E. Melchinger. 2005. Heterosis and heterotic pattern in maize. *Maydica*. 50:215-223.
- Saenong, S., Subandi, M.J. Mejaya, Zubachtirodin. 2005. Community-Based Maize Seed Production: A Case Study of South Sulawesi and West Nusa Tenggara, Indonesia. *Proceeding of Ninth Asian Regional Maize Workshop, China*;
- Said, MY, Soenartingsih, A. Tenrirawe, W. Wakman, AH. Talanca, Syafruddin. 2017. Petunjuk Lapang Hama, Penyakit, Hara pada Jagung. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian. 74 hal.
- Singh, R.K. and B.D. Chaudary. 1985. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publisher. New Delhi.
- Smith, J.S.C. 1988. Diversity of United States hybrid maize germplasm; isozymic and chromatographic evidence. *Crop Sci*. 28:63-69.
- Subandi. 1988. Perbaikan Varietas. Hal. 81-100. Dalam Subandi *et al.*, (penyunting). Jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 423 hal.
- Sutoro. 2015. Determinan agronomis produktivitas jagung. *Iptek Tanaman Pangan*. 10(1): 39-46.
- Syuryawati dan Faesal. 2016. Kelayakan finansial penerapan teknologi budidaya jagung pada lahan sawah tadah hujan. *Jurnal Penelitian*
- Takdir A, Iriany RN, Mejaya MJ. 2007. Adaptasi genotipe calon hibrida jagung di beberapa lokasi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(1):20-25.
- TP2V. 2016. *Standard Operating Procedure (SOP) Pelepasan Varietas Tanaman Pangan*. Tim Penilai dan Pelepas varietas Tanaman Pangan. Kementerian Pertanian.
- Wakman, W. dan Burhanuddin. 2007. Pengelolaan Penyakit Prapanen Jagung. Dalam Sumarno *et al*, (penyunting). Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

- Yasin, H.G., R. Efendy dan M.J. Mejaya. 2007. Model exponential ASI famili S1 jagung pada lingkungan tercekam abiotik. *Informatika Pertanian* 16(1):959-968.
- Yasin, H.G., R. Efendy dan M.J. Mejaya. 2007. Penampilan Famili S2 Populasi QPM MSQ.K1(S2) Dan MSQ.P1(S2) Pada Status Siklus C0 Di Lahan Kering. *Jurnal Agrivor* 6(3): 189-96.
- Yasin, H.G, Syuryawati, Ismail, dan M.J. Mejaya. 2010. Penerapan rancangan tak lengkap pada seleksi famili jagung. *Informatika Pertanian* 19(1):19-28
- Yasin, H.G. dan M.J. Mejaya. 2016. *Rancangan Statistik Khusus Pemuliaan Jagung*. IAARD Press. Jakarta.



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Keragaan varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang dilepas tahun 1992-2016.

No.	Varietas hibrida	tahun dilepas	Umur (HST)	Hasil (ton/ha)		Ketahanan penyakit**			Karakter lain***
				Rata-rata	Potensi	Bulai	Karat	Hawar daun	
1	Semar-1*	1992	100	6,4	8,9	T	T	T	-
2	Semar-2*	1992	100	5,0	8,0	T	T	T	-
3	Semar-3*	1996	94	5,3	9,0	T	T	T	-
4	Semar-4*	1999	90	5,9	8,5	T	AT	AT	-
5	Semar-5*	1999	98	6,8	9,0	T	T	T	-
6	Semar-6*	1999	98	6,9	9,0	T	T	T	-
7	Semar-7*	1999	90	6,8	9,0	T	T	T	-
8	Semar-8*	1999	94	6,9	9,0	T	T	T	-
9	Semar-9*	1999	95	6,6	8,5	T	T	T	-
10	Semar-10*	2001	97	7,2	9,0	AT	T	-	-
11	Bima-1	2001	97	7,3	9,0	AT	T	T	-
12	Bima-2 B.	2007	100	8,5	11,0	ATo	-	-	Sub opt.
13	Bima-3 B.	2007	100	8,2	10,0	To	-	-	Sub opt.
14	Bima-4	2008	102	9,7	11,7	To	-	-	Sub opt.
15	Bima-5	2008	103	9,3	11,4	AP	-	-	Sub opt.
16	Bima-6	2008	104	9,4	10,7	To	-	-	Sub opt.
17	Bima-7	2010	89	10,0	12,1	ATo	To	To	-
18	Bima-8	2010	88	10,1	11,7	To	To	To	-
19	Bima-9	2010	95	11,2	13,4	T	ATo	ATo	-
20	Bima-10	2010	100	11,3	13,1	AP	T	T	-
21	Bima-11	2010	94	11,5	13,2	P	ATo	ATo	-
22	Bima-12Q	2011	98	6,9	9,3	P	-	To	-
23	Bima-13Q	2011	103	6,9	9,8	AP	-	To	-
24	Bima-14 Batara	2011	95	10,1	12,9	T	-	-	-
25	Bima-15 S.	2011	100	9,9	13,2	AT	-	-	-
26	Bima-16	2012	98	-	12,4	T	T	T	-
27	Bima-17	2012	95	-	13,6	T	T	T	-
28	Bima Putih-1	2012	100	8,3	10,3	P	-	P	-
29	Bima Putih-2	2012	100	7,9	10,4	P	-	P	-
30	Bima-18	2013	95	-	13,6	T	T	T	-
31	Bima-19 URI*	2013	102	9,3	12,5	T	T	T	-
32	Bima-20 URI*	2013	102	11,0	12,8	T	T	T	-
33	Pulut URI 3H	2014	88	8,5	10,6	T	-	T	-
34	HJ-21 A.	2014	82	11,4	12,2	T	T	T	-
35	HJ-22 A.	2014	80	10,9	12,1	T	T	T	-
36	JH-27	2015	98	10,1	12,6	T	T	T	-
37	JH-234	2015	98	10,9	12,1	T	T	T	-
38	JH-36	2016	89	10,6	12,2	T	T	T	-
39	JH-45	2016	99	10,9	12,6	T	T	T	-

\* Hibrida Silang Tiga Jalur (STJ); \*\*T = Tahan; AT = Agak Tahan; AP = Agak Peka; P = Peka; To = Toleran; ATo = Agak Toleran.\*\*\*Sub opt. = adaptif lahan sub optimal.  
Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

Lampiran 2. Nama galur tetua penyusun varietas unggul jagung hibrida rakitan Balitbangtan yang dilepas tahun 1992-2016.

No.	Varietas hibrida	Tinggi (cm)		Bobot 1.000 biji (g)	Nama Galur Tetua		
		Tanaman	Tongkol		Betina	Jantan	Jantan
1	Semar-1*	-	-	280	GM 12	GM 19	GM 15
2	Semar-2*	-	-	270	GM 25	GM 30	GM 27
3	Semar-3*	225	115	280	GM 26	GM 30	GM 15
4	Semar-4*	200	105	275	Mr 1	Mr 2	Mr 3
5	Semar-5*	210	115	285	Mr 5	Mr 6	<b>Mr 4</b>
6	Semar-6*	209	118	300	Mr 7	Mr 8	<b>Mr 4</b>
7	Semar-7*	213	116	300	Mr 8	Mr 6	<b>Mr 4</b>
8	Semar-8*	200	105	275	Mr 9	Mr 10	GM 15DMR
9	Semar-9*	207	103	280	Mr 11	Mr 12	GM 15DMR
10	Semar-10*	210	90	310	Mr 13	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>
11	Bima-1	215	94	310	<b>Mr 4</b>	<b>Mr 14</b>	-
12	Bima-2 B.	200	100	378	B11-209	<b>Mr 14</b>	-
13	Bima-3 B.	200	98	359	Nei 9008	<b>Mr 14</b>	-
14	Bima-4	212	118	300	G 180	<b>Mr 14</b>	-
15	Bima-5	205	115	277	G 193	<b>Mr 14</b>	-
16	Bima-6	202	107	359	<b>Mr 14</b>	NT 150	-
17	Bima-7	189	-	316	Gj 11	Gj 15	-
18	Bima-8	187	-	316	CML 252	Gj 15	-
19	Bima-9	199	90	337	CML 161	Nei9008	-
20	Bima-10	209	117	414	N 153	Mr 15	-
21	Bima-11	192	96	352	B11-126	Mr 15	-
22	Bima-12Q	195	-	264	Mr 4Q	Mr 14Q	-
23	Bima-13Q	192	-	263	CML 161	CML 165	-
24	Bima-14 Batara	199	95	356	N 51	Mr 15	-
25	Bima-15 Sayang	209	160	405	AL44-46	<b>Mr 14</b>	-
26	Bima-16	220	-	338	Gc10279	<b>Mr 14</b>	-
27	Bima-17	203	-	325	CML 421	Nei9008P	-
28	Bima Putih-1	213	-	263	CML 140	CML 264Q	-
29	Bima Putih-2	215	-	313	CML 143	CML 264Q	-
30	Bima-18	203	-	325	CML 421	Nei9008P	-
31	Bima-19 URI*	213	108	343	G 193	<b>Mr 14</b>	Nei9008P
32	Bima-20 URI*	210	108	339	G 180	<b>Mr 14</b>	Nei9008P
33	Pulut URI 3H	194	96	316	PV.Syn7-	GR.FS-20	-
34	HJ-21 Agritan	209	98	421	N 79	<b>Mr 14</b>	-
35	HJ-22 Agritan	197	94	393	SP 006-53	<b>Mr 14</b>	-
36	JH-27	220	108	313	CY 7	<b>Mr 14</b>	-
37	JH-234	220	108	313	CY 10	<b>Mr 14</b>	-
38	JH-36	219	110	306	Nei 9008P	GC 14	-
39	JH-45	227	113	311	B11-209	AMB-231	-

\* Hibrida Silang Tiga Jalur (STJ);

Sumber: Hermanto *et al.*, 2009; Mejaya *et al.*, 2015; Jamil *et al.*, 2016.

### Lampiran 3. Deskripsi Jagung Hibrida Varietas Bima 3-Bantimurung.

---

Asal	: Nei 9008/Mr-14. Nei 9008 dikembangkan dari galur introduksi Departemen Pertanian Thailand. Mr-14 dikembangkan dari populasi Suwan 3.
Golongan	: Hibrida silang tunggal ( <i>Single Cross</i> )
Umur	: Dalam (masak fisiologis $\pm$ 100 hari) 50% keluar pollen $\pm$ 55 hari 50% keluar rambut $\pm$ 56 hari
Tinggi tanaman	: $\pm$ 200 cm
Tinggi letak tongkol	: $\pm$ 98 cm
Keseragaman tanaman	: seragam
Batang	: Sedang dan tegak
Warna batang	: Hijau sedikit ungu
Warna daun	: Hijau
Jumlah Daun	: 12-14 helai
Bentuk malai ( <i>anther</i> )	: kompak
Warna sekam ( <i>glume</i> )	: krem
Warna malai ( <i>anther</i> )	: krem
Warna rambut ( <i>silk</i> )	: krem
Perakaran	: Sangat baik
Kerebahan	: Tahan rebah
Ukuran tongkol	: Besar dan panjang $\pm$ 21 cm
Bentuk tongkol	: silindris
Penutupan tongkol	: Tertutup rapat ( $\pm$ 98%)
Jumlah baris biji	: 12-14 baris
Warna biji	: jingga
Tipe biji	: Semi Mutiara ( <i>semi flint</i> )
Bobot 1000 biji	: $\pm$ 359 gram pada kadar air 15%
Potensi hasil	: 10,00 ton/ha pipilan kering (kadar air 15%)
Rata-rata hasil	8,27 t/ha pipilan kering (kadar air 15%)
Ketahanan penyakit	: Toleran penyakit Bulai ( <i>Peronosclerospora maydis</i> )
Daerah sebaran/adaptasi	: Beradaptasi baik pada lahan subur - sub optimal. Populasi dapat mencapai 70.000 tanaman/ha (jarak tanam 75 cm x 20 cm, 1 butir per lubang).
Pemulia	: Made J Mejaya, R. Neni Iriani, M. Andi Takdir M., Musdalifah Isnaeni, Achmad Muliadi, dan Marsum M. Dahlan.
Peneliti	: Amin Nur, A. Hipi, S. Sunarti, S. Budisantoso, S. Kontong, A. Haris Talanca, W. Wakman, J. Tandiang, E.Y. Hosang, Nurtirtayani, dan A. Nasar
Teknisi	: Sampara, Arifuddin, F. Misi, S. Misi, W. Unjoyo, dan U. Aliawati
Pengusul	: Balai Penelitian Tanaman Seralia, Badan Litbang Pertanian

---

Lampiran 4. Deskripsi Tetua Betina Nei 9008.

---

Asal	: Introduksi Departemen Pertanian Thailand.
Golongan	: Galur murni
Umur	: Dalam (masak fisiologis $\pm$ 100 hari) 50% keluar pollen $\pm$ 53 hari 50% keluar rambut $\pm$ 54 hari
Tinggi tanaman	: $\pm$ 140 cm
Tinggi letak tongkol	: $\pm$ 45 cm
Keseragaman tanaman	: Sangat seragam
Batang	: Kokoh dan tegak
Warna batang	: Hijau sedikit keunguan
Warna daun	: Hijau
Jumlah Daun	: 12-14 helai
Bentuk kanopi daun	: Tegak dan agak lebar
Bentuk malai ( <i>anther</i> )	: kompak
Warna sekam ( <i>glume</i> )	: hijau
Warna malai ( <i>anther</i> )	: krem
Produksi tepungsari	: Sangat banyak
Warna rambut ( <i>silk</i> )	: krem
Perakaran	: baik
Kerebahan	: Tahan rebah
Ukuran tongkol	: Agak besar dan panjang $\pm$ 18 cm
Bentuk tongkol	: silindris
Penutupan tongkol	: Tertutup rapat ( $\pm$ 99%)
Jumlah baris biji	: $\pm$ 12 baris
Warna biji	: jingga
Tipe biji	: Mutiara ( <i>flint</i> )
Potensi hasil	: 2,80 ton/ha pipilan kering (kadar air 10%)
Rata-rata hasil	1,60 t/ha pipilan kering (kadar air 10%)
Ketahanan penyakit	: Toleran penyakit Bulai ( <i>Peronosclerospora maydis</i> )

---

Lampiran 5. Deskripsi Tetua Jantan Mr 14.

---

Asal	: Populasi Suwan 3
Golongan	: Galur murni
Umur	: Dalam (masak fisiologis $\pm$ 105 hari) 50% keluar pollen $\pm$ 56 hari 50% keluar rambut $\pm$ 57 hari
Tinggi tanaman	: $\pm$ 170 cm
Tinggi letak tongkol	: $\pm$ 45 cm
Keseragaman tanaman	: Sangat seragam
Batang	: Besar dan kokoh
Warna daun	: Hijau tua
Jumlah Daun	: 12-14 helai
Bentuk kanopi daun	: Tegak dan lebar
Bentuk malai ( <i>anther</i> )	: Kompak
Warna sekam ( <i>glume</i> )	: Hijau
Warna malai ( <i>anther</i> )	: Krem
Produksi tepungsari	: Sangat banyak
Warna rambut ( <i>silk</i> )	: Krem
Perakaran	: Sangat baik
Kerebahan	: Tahan rebah
Ukuran tongkol	: Besar dan panjang $\pm$ 19 cm
Penutupan tongkol	: Tertutup rapat ( $\pm$ 99%)
Jumlah baris biji	: $\pm$ 12 baris
Warna biji	: Kuning
Tipe biji	: Mutiara ( <i>flint</i> )
Potensi hasil	: 2,50 ton/ha pipilan kering (kadar air 10%)
Rata-rata hasil	1,50 t/ha pipilan kering (kadar air 10%)
Ketahanan penyakit	: Agak toleran penyakit Bulai ( <i>Peronosclerospora maydis</i> )

---

Lampiran 6. Luas panen jagung di Indonesia tahun 2011-2015.

Provinsi	Luas Panen Jagung (ha)				
	2011	2012	2013	2014	2015
ACEH	41853	43675	44099	47357	47967
SUMATERA UTARA	255291	243098	211750	200603	243770
SUMATERA BARAT	71116	75657	81665	93097	87825
RIAU	14139	13284	11748	12057	12425
JAMBI	6706	6587	6504	7937	8486
SUMATERA SELATAN	32965	28617	32558	31939	46315
BENGKULU	22215	22653	18257	15643	10137
LAMPUNG	380917	360264	346315	338885	293521
BANGKA BELITUNG	277	268	234	214	181
KEP. RIAU	434	390	339	301	203
DKI JAKARTA	12	3	-	0	0
JAWA BARAT	147152	148601	152923	142964	126828
JAWA TENGAH	520149	553372	532061	538102	542804
DI YOGYAKARTA	69768	73766	70772	67657	65485
JAWA TIMUR	1204063	1232523	1199544	1202300	1213654
BANTEN	4600	3074	3583	3152	3518
BALI	22739	21008	18223	16685	15346
N. T. B.	89307	117030	110273	126577	143117
N. T. T.	246893	245323	270394	257025	273194
KALIMANTAN BARAT	45593	44642	42621	36823	31851
KALIMANTAN TENGAH	3195	2752	2062	2594	2507
KALIMANTAN SELATAN	19487	21723	20629	20862	21926
KALIMANTAN TIMUR	2965	4104	1858	2873	2307
KALIMANTAN UTARA	-	-	445	581	474
SULAWESI UTARA	119850	120272	122237	127475	80885
SULAWESI TENGAH	41218	37418	34174	41647	32503
SULAWESI SELATAN	297126	325329	274046	289736	295115
SULAWESI TENGGARA	28892	30884	27133	24022	23945
GORONTALO	135754	135543	140423	148816	129131
SULAWESI BARAT	17372	25141	26781	24341	20752
MALUKU	4808	4768	3203	3795	3260
MALUKU UTARA	12733	11074	10395	6462	3892
PAPUA BARAT	1278	1199	1250	1421	1307
PAPUA	3825	3553	3005	3076	2736
<b>INDONESIA</b>	<b>3864692</b>	<b>3957595</b>	<b>3821504</b>	<b>3837019</b>	<b>3787367</b>

Sumber: BPS, 2016

Lampiran 7. Produktivitas jagung di Indonesia tahun 2011-2015.

Provinsi	Produktivitas Jagung (Kw/ha)				
	2011	2012	2013	2014	2015
ACEH	40.35	38.30	40.33	42.72	42.76
SUMATERA UTARA	50.71	55.41	55.87	57.82	62.33
SUMATERA BARAT	66.35	65.49	67.03	65.02	68.61
RIAU	23.48	23.66	23.88	23.76	24.85
JAMBI	38.06	38.82	39.50	54.95	60.94
SUMATERA SELATAN	38.13	39.46	51.43	60.11	62.40
BENGKULU	39.33	45.81	51.48	46.51	52.07
LAMPUNG	47.72	48.86	50.83	50.74	51.20
KEP. BANGKA BELITUNG	30.69	36.08	33.46	33.69	36.80
KEP. RIAU	21.27	21.77	23.30	23.36	23.30
DKI JAKARTA	19.17	20	-	-	0
JAWA BARAT	64.23	69.22	72.06	73.24	75.69
JAWA TENGAH	53.30	54.97	55.09	56.71	59.18
DI YOGYAKARTA	41.80	45.63	40.92	46.15	45.67
JAWA TIMUR	45.21	51.08	48.03	47.72	50.52
BANTEN	30.14	31.94	33.60	33.36	33.74
BALI	28.41	29.45	31.59	24.34	26.46
NUSA TENGGARA BARAT	51.16	54.92	57.47	62.09	67.08
NUSA TENGGARA TIMUR	21.25	25.66	26.17	25.18	25.08
KALIMANTAN BARAT	35.27	38.11	37.53	36.79	32.57
KALIMANTAN TENGAH	28.82	28.88	30.15	31.37	32.66
KALIMANTAN SELATAN	51.20	51.59	51.89	56.56	58.61
KALIMANTAN TIMUR	24.76	24.22	26.18	26.34	36.32
KALIMANTAN UTARA	-	-	21.87	21.26	21.77
SULAWESI UTARA	36.59	36.61	36.65	38.31	37.15
SULAWESI TENGAH	39.26	37.86	40.75	40.87	40.34
SULAWESI SELATAN	47.80	46.58	45.62	51.46	51.79
SULAWESI TENGGARA	23.53	25.40	24.91	25.23	28.46
GORONTALO	44.62	47.57	47.65	48.37	49.83
SULAWESI BARAT	47.78	48.75	47.92	45.46	48.58
MALUKU	28.86	38.34	37.28	27.85	42.78
MALUKU UTARA	20.54	23.07	28.30	30.26	30.13
PAPUA BARAT	16.63	17.09	17.10	17.24	17.32
PAPUA	18	17.99	23.41	23.67	24.36
<b>INDONESIA</b>	<b>45.65</b>	<b>48.99</b>	<b>48.44</b>	<b>49.54</b>	<b>51.78</b>

Sumber: BPS, 2016



## INDEKS SUBJEK

Abiotik	3,12
Adaptasi	27,43
Aksesi	7
Anthesis	26
Benih dasar	53
Benih inti	53
Benih penjenis	53
Benih pokok	53
Benih sebar	53
Benih sumber	53
Bersari bebas	6
Biotik	3, 8, 12, 17
Bulai	17, 20, 21, 22
Daur seleksi	10
Daya gabung	33, 40
<i>Detasseling</i>	53, 55, 59
Epistasis	14
Famili	13, 14
Fenotipik	14, 15
Genetik	13, 14
Genotifik	14
Genotipe	14, 27, 28
Hibrida	2, 3, 6, 12, 17, 22, 23
Heritabilitas	14, 15
Heterobeltiosis	6
Heterosis	5, 6
Heterozigot	6
Homozigot	6
<i>Inbreeding</i>	14, 15
Inbrida	8, 59
<i>Intercross</i>	11
Jarak genetik	38, 39
Marka molekuler	39
<i>Pedigree</i>	14, 19, 21
Pola heterotik	5, 9, 12
Progeni	14, 15
<i>Roguing</i>	55, 56
Rekombinasi	10
Resiprok	10

Segregasi	19, 20
<i>Selfing</i>	13, 21, 54
Silang ganda	6
Silang puncak	6, 10, 11
Silang uji	6
Sintetik	6, 9
Tipe simpang	56
Vigor	13, 56, 57

## BIODATA PENULIS



Made Jana Mejaya, lahir di Tejakula, Buleleng, Bali, tanggal 3 November 1961. Menamatkan Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama di Tejakula, Buleleng, Bali tahun 1974 dan 1977; Sekolah Menengah Atas di Singaraja, Bali tahun 1981. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian Jurusan Agronomi dari Universitas Brawijaya Malang tahun 1985. Memperoleh gelar *Master of Science* dan *Doctor of Philosophy* bidang Pemuliaan Tanaman dan Genetika dari University of Illinois di Urbana-Champaign, Illinois, USA masing-masing tahun 1992 dan 2003.

Mengikuti pelatihan dan *workshop* antara lain: *Plant Breeding* di the *International Rice Research Institute (IRRI)* dan di *University of the Philippines* di Los Banos, Phillippines (1988–1989), *Maize Breeding* di the *International Research Institute for Maize and Wheat (CIMMYT)* di Mexico (1995–1996), *Tropical Asian Maize Network* di Bangkok, Thailand (2005), *Bioethanol Research* di Sao Paulo, Brazil (2009), *Asian Food and Agricultural Cooperation* di Seoul, Korea Selatan (2010), *FAO International Rice Conference* di Montpellier, Prancis (2012), *Nagoya Protocol Conference* di Genewa, Swiss (2012), *CURE Rice 13<sup>th</sup> Review Planning and Steering Committee Meeting* di Danang City, Vietnam (2014), *CORRA-GriSP on Asian National Rice Strategies* di Putrajaya, Malaysia (2014), *CORRA Rice 18th Annual Meeting* di Bangkok, Thailand (2014), *D-8 5<sup>th</sup> Agriculture Ministerial Meeting on Food Security* meeting di Istanbul, Turki (2014), *Working Group on Agriculture Research Cooperation* di Buenas Aires, Argentina (2017), dan *Indonesia-Mexico consultative committee meeting* di Mexico City, Mexico (2017). Jabatan fungsional peneliti bidang Pemuliaan Tanaman diawali sebagai Asisten Peneliti Madya pada tahun 1993 hingga Peneliti Utama tahun 2012. Menduduki jabatan struktural di lingkup Kementerian Pertanian sebagai: Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Maluku Utara di Ternate (2006-2008); Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) di Malang, Jawa Timur (2008-2010); Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) di Subang, Jawa Barat (2010-2014); dan Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) di Bogor, Jawa Barat (2014-2016). Menghasilkan 125 karya tulis ilmiah, baik yang ditulis sendiri maupun dengan penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, prosiding, dan makalah yang diterbitkan, termasuk 37 diantaranya dalam bahasa Inggris. Menghasilkan 21 varietas unggul jagung hibrida dan 8 varietas unggul jagung komposit, baik sebagai pemulia utama maupun pemulia pendamping. Beberapa varietas telah dilisensi dan diproduksi benihnya oleh Perusahaan Swasta serta telah diadopsi oleh petani di Provinsi sentra jagung. Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah yaitu sebagai pengajar/pembimbing Skripsi S1 pada Universitas Muhammadiyah

Malang; pembimbing Skripsi S1 dan S2 pada Universitas Brawijaya Malang, serta pembimbing Disertasi S3 pada Institut Pertanian Bogor. Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Agronomy Society of America, anggota Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (PERIPI) cabang Jawa Timur, Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo), anggota Dewan Jagung Nasional (DJN), anggota Masyarakat Perbenihan dan Perbibitan Indonesia (MPPI), ketua Tim Penilai Pelepasan Varietas Tanaman Pangan (2015-2016), dan sebagai ketua Ikatan Petani-Penangkar-Penyuluh-Peneliti Sejahtera (IP4S). Memperoleh tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya XX Tahun (2016) dan XXX Tahun (2017) dari Presiden RI. Di waktu senggang, aktif menulis puisi dan mengaransemen lagu. Sebanyak 14 lagu telah dihasilkan dan videoclip lagu-lagu tersebut terdapat di Youtube Music sejak 2011.

## BIODATA PENULIS



M. Yasin HG lahir di Sulawesi Selatan, tanggal 8 Februari 1954. Pendidikan formal yang ditempuh adalah Sekolah Rakyat di Majene, Sulawesi Barat lulus tahun 1965, Sekolah Menengah Pertama di SMP Majene, Sulawesi Barat lulus tahun 1969, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Majene, Sulawesi Barat lulus tahun 1972. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian jurusan Agronomi dari Universitas Hasanuddin, Makassar, lulus tahun 1979 dan gelar Magister Pertanian jurusan Statistika Terapan dari IPB, Bogor, lulus tahun 1982.

Pelatihan yang diikuti antaranya: Statistik Terapan, Los Banos, IRRI-Philipina. Agronomy of Sorghum and Juwawut di Hyderabad – India, Land Use Management for Tropical Agriculture, di Brisbane-Australia, Maize Agronomi di Farm Swam – Thailand, Maize Breeding di CIMMYT Mexico, Maize Breeding for QPM di CYMMYT Mexico, Teknik Dasar Rekayasa Genetika Tanaman, di BB Biogen Bogor. Seminar International yang diikuti secara rutin adalah ARMW (Asian Regional Maize Workshop) yang dilaksanakan oleh CIMMYT. Sebagai pemulia jagung telah menghasilkan 13 varietas unggul nasional (7 bersari bebas dan 6 hibrida), luas penyebaran di sentra jagung nasional secara kumulatif sejak SK Mentan terbit mencapai 1,0 juta ha, luas penyebaran terutama pada lahan sub optimal di Kalimantan, Sumatera dan Sulawesi. Karya Ilmiah terbit mencapai 150 tulisan dan 80% sebagai penulis utama. Terbit di jurnal, prosiding, baik nasional maupun internasional. Buku yang dihasilkan sebanyak tiga buah diterbitkan oleh AARD Press Balitbangtan dan UNHASs Makassar. Memperoleh piagam penghargaan ketahanan pangan dari Menteri Pertanian (2006), peneliti utama berprestasi dari Menteri Pertanian (2006), dan tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya XX Tahun (2009) dari Presiden RI. Semasa mahasiswa S1 dan S2 dipercayakan sebagai asisten m.a. Rancangan Percobaan dan Statistika Terapan. Kini diakhir karier sebagai PNS/pemulia YMK menganugerahi lima cucu, empat anak dan satu ibu rumah tangga, serta ketua badan berjamaah NB Balitereal-BBVet Maros (visi:tumbuhlah menembus benteng kekunoan; semakin berilmu semakin taqwa).

## BIODATA PENULIS



Erny Ishartati lahir di Denpasar, Bali, tanggal 9 Mei 1964. Pendidikan formal yang ditempuh adalah Sekolah Dasar di SD Bhayangkari Malang, lulus tahun 1976, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri I Malang lulus tahun 1979, dan Sekolah Menengah Atas di SMAK Cor Jesu Malang lulus tahun 1982. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Brawijaya Malang lulus tahun 1987, gelar Magister Pertanian dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta lulus tahun 1993, dan gelar Doktor dari Universitas Brawijaya Malang lulus tahun 2003.

Tahun 1987 hingga sekarang, mengajar di Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang. Sejak tahun 1993 mendalami dan mengajar mata kuliah Genetika, Pemuliaan Tanaman dan Produksi Benih Tanaman. Selain itu, aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, yang telah dituangkan dalam bentuk jurnal, prosiding, makalah dan buku ajar, ditulis sendiri maupun dengan penulis lainnya.

Aktif dari organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia, Perhimpunan Agronomi Indonesia, dan Perhimpunan Hortikultura.