

Sorgum

Inovasi Teknologi dan
Pengembangan



**IAARD
PRESS**



Sorgum

Inovasi Teknologi dan Pengembangan

Sorgum

Inovasi Teknologi dan Pengembangan

Editor

Sumarno
Djoko Said Damardjati
Mahyuddin Syam
Hermanto



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2013

Cetakan 2013

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
@Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Sorgum: Inovasi teknologi dan pengembangan/Penyunting,
Sumarno... (*et al.*).--Jakarta: IAARD Press, 2013
x, 291 hlm.: ill.; 24 cm

1. Sorgum 2. Inovasi 3. Budi daya
I. Sumarno II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

ISBN 978-602-1250-47-5

Pencetakan buku ini dibiayai dari dana DIPA 2013
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jln. Ragunan 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp.: + 62 21 7806202, Faks.: 62 21 7800644

Alamat Redaksi

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp.: + 62 251 8321746, Faks.: +62 251 8326561
email: iaardprss@litbang.deptan.go.id
Cetakan 2013

Pengantar



Sorgum merupakan tanaman pangan yang sudah lama dikenal dan diusahakan oleh sebagian petani di Jawa dan Nusatenggara. Pengelolaan secara tradisional yang tercermin dari penggunaan benih dan pupuk seadanya menyebabkan hasil panen hanya 1-2 ton per hektar. Kondisi ini tidak jauh berbeda dengan pertanaman sorgum yang terdapat di beberapa negara lain seperti India dan Thailand yang juga memberikan hasil panen yang rendah. Penggunaannya sebagai pemenuhan pangan keluarga bagi petani subsisten menyebabkan kurangnya dorongan untuk mendapatkan hasil panen yang lebih tinggi. Sebaliknya, di beberapa negara maju seperti Amerika Serikat, Australia, dan beberapa negara Eropa, tanaman sorgum telah dikelola secara modern menggunakan teknologi maju seperti benih hibrida berkualitas dan pemupukan yang disesuaikan dengan kesuburan tanah dan kebutuhan tanaman. Penggunaannya pun beragam, untuk pangan, pakan, industri, dan bioenergi.

Rendahnya areal panen sorgum dibandingkan komoditas lain, dalam dekade terakhir hanya sekitar 25 ribu hektar per tahun, menyebabkan kurangnya perhatian pemerintah terhadap upaya pengembangan tanaman ini. Hal serupa terjadi di beberapa negara lain seperti Thailand yang areal panennya menurun cukup tajam dari sekitar 400 ribu hektar pada tahun 1980an menjadi hanya tinggal sekitar 50 ribu hektar dalam beberapa tahun terakhir. India yang dikenal mempunyai areal pertanaman sorgum terluas di dunia, ternyata juga mengalami penurunan areal panen dari 14 juta hektar pada tahun 1990 menjadi 6 juta hektar pada tahun 2012.

Meski termasuk tanaman minor, sorgum sebenarnya mempunyai beberapa kelebihan dari tanaman pangan lain seperti lebih toleran terhadap kekurangan dan kelebihan air, tidak memerlukan masukan tinggi, dapat tumbuh baik di lahan marginal, dan relatif lebih sedikit terserang organisme pengganggu tanaman (OPT). Penelitian yang dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian maupun instansi lain seperti perguruan tinggi dan BATAN menunjukkan bahwa melalui pengelolaan yang baik serta penggunaan varietas unggul, tanaman sorgum mampu memberi hasil tinggi. Kajian lapang yang dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang (kini Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi) pada tahun 1980-1990an membuktikan bahwa dengan waktu tanam dan pengelolaan yang tepat, hasil panen sorgum dapat mencapai 5-7 t/ha. Selain melepas beberapa varietas unggul sorgum, Badan Litbang Pertanian pun telah menginisiasi penelitian sorgum hibrida pada tahun 1990an melalui kerja sama dengan

lembaga internasional ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).

Di sisi lain pengembangan sorgum juga dihadapkan kepada masalah keunggulan komparatif dan kompetitif dengan tanaman lainnya seperti padi dan jagung. Ketidaktersediaan pasar menyebabkan harga sorgum relatif rendah dibandingkan komoditas lain. Kemajuan teknologi yang menghasilkan jagung hibrida dengan hasil di atas 8 t/ha menyebabkan petani semakin enggan menanam sorgum. Sementara itu, selain mudah terserang hama gudang pada waktu penyimpanan, biji sorgum juga mengandung tanin yang memerlukan pengolahan untuk menghilangkannya sebelum dikonsumsi.

Melonjaknya harga minyak dunia yang dibarengi oleh terus meningkatnya kebutuhan akan pangan dan pakan telah mendorong berbagai kalangan untuk mengembangkan sorgum sebagai sumber energi terbarukan. Filipina, misalnya, telah mencanangkan pengembangan sorgum manis untuk bioetanol dan pakan. Bioetanol dari sorgum manis diharapkan dapat mensubstitusi sebagian bahan bakar negara lain yang sepenuhnya tergantung dari impor. India juga mempunyai rencana yang serupa dengan menjalin kerjasama dengan ICRISAT.

Direktorat Jenderal Tanaman Pangan telah melakukan Demfarm Sorgum di beberapa provinsi dalam beberapa tahun terakhir sementara Kementerian BUMN juga melakukan pengembangan sorgum di beberapa lokasi di NTB dan NTT. Suatu kajian yang komprehensif tampaknya perlu dilakukan apakah sorgum memang bermanfaat untuk dikembangkan lebih lanjut dan bagaimana strategi pengembangannya. Beberapa pertanyaan yang memerlukan jawaban termasuk apakah sorgum yang akan dikembangkan adalah sorgum biji untuk mendukung ketahanan pangan dan pakan atau sorgum manis untuk bioetanol, pakan, dan industri atau keduanya. Wilayah pengembangan dan petaninya perlu pula diidentifikasi secara tepat melalui kerjasama berbagai pihak: Pemerintah Pusat dan Daerah, swasta, kelompok tani dan lembaga terkait lainnya. Dukungan penelitian diharapkan mampu menyediakan teknologi yang diperlukan sebagaimana halnya peralatan panen dan pascapanen serta jaminan harga yang layak.

Jakarta, Desember 2013
Kepala Badan Litbang Pertanian

Dr. Haryono

Daftar Isi

Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Tinjauan	vii
Produsen Utama Sorgum Dunia	1
<i>Hasil Sembiring dan Nuning Argo Subekti</i>	
Perdagangan Sorgum di Pasar Dunia dan Asia serta Prospek Pengembangannya di Indonesia	7
<i>Sri Hery Susilowati dan Handewi P. Saliem</i>	
Wilayah Penghasil dan Ragam Penggunaan Sorgum di Indonesia	24
<i>Herman Subagio dan Suryawati</i>	
Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum	38
<i>R. Neni Iriany M dan A. Takdir Makkulawu</i>	
Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum	47
<i>Aviv Andriani dan Muzdalifah Isnaini</i>	
Plasma Nutfah Sorgum	69
<i>Sigit Budi Santoso, M.S. Pabbage, dan Marcia B. Pabendon</i>	
Perkembangan Perakitan Varietas Sorgum di Indonesia	94
<i>A.H. Talanca dan N.N. Andayani</i>	
Pembentukan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan	107
<i>Muhammad Azrai, Soeranto Human, dan Sri Sunarti</i>	
Prospek Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol	138
<i>Marcia B. Pabendon, Sigit Budi Santoso, dan Nuning Argo Subekti</i>	
Pengelolaan Benih Sorgum	153
<i>Ramlah Arief, Fauziah Koes, dan Amin Nur</i>	
Pengelolaan Hara pada Tanaman Sorgum	168
<i>Syafruddin dan M. Akil</i>	
Budi Daya Tanaman Sorgum	175
<i>Fahdiana Tabri dan Zubachtirodin</i>	
Pengelolaan Air Tanaman Sorgum	188
<i>Muhammad Aqil dan Bunyamin Z.</i>	
Prospek Pengelolaan Ratun Sorgum	205
<i>Roy Efendi, Fatmawati, dan Bunyamin Z.</i>	

Pengelolaan Hama Tanaman Sorgum	222
<i>A. Tenrirawe, J. Tandiabang, A.M. Adnan, M.S. Pabbage, Soenartiningsih, dan A. Haris</i>	
Penanganan Pascapanen Sorgum	242
<i>I.U. Firmansyah, Muh. Aqil, dan Suarni</i>	
Struktur, Komposisi Nutrisi dan Teknologi Pengolahan Sorgum	260
<i>Suarni dan I.U. Firmansyah</i>	
Prototipe Alat dan Mesin Pertanian Mendukung Pengembangan Sorgum	280
<i>Abi Prabowo, Mardison Suhil, dan Ana Nurhasanah</i>	

Tinjauan

Sorgum merupakan tanaman semusim yang toleran kekeringan dan tidak banyak memerlukan air selama pertumbuhannya. Tanaman ini pada awalnya “ditumbuhkan” di daerah beriklim kering di Ethiopia, bagian timur laut benua Afrika, sekitar 7.000 tahun yang lalu. Dari tanah asal tersebut tanaman sorgum menyebar ke Timur Tengah, India, China, Myanmar, Asia Tenggara, dan Indonesia. Di Afrika, tanaman sorgum berkembang secara berantai dari satu wilayah ke wilayah lain, sehingga sejak awal abad ke-9 sudah ditanam di berbagai ladang petani di seluruh negara Afrika. Daya adaptasi yang cukup baik pada lahan kering dan tumbuh baik dengan input minimal, maka sorgum berkembang luas sebagai pangan pokok masyarakat di Afrika. Di Amerika, sorgum dibawa oleh imigran dari Afrika pada abad ke-18. Pada awalnya, sorgum ditanam untuk bahan pangan pekerja perkebunan. Dalam perkembangannya biji sorgum di Amerika lebih diutamakan sebagai pakan ternak.

Di negara-negara yang masyarakatnya menggunakan sorgum sebagai bahan pangan, berbagai jenis pangan olahan dikembangkan dari tepung sorgum, antara lain berbagai jenis bubur, tortila, chapati, roti tanpa dan dengan fermentasi dan sebagainya. Pangan dari sorgum tersebut menjadi menu utama masyarakat sejak abad ke-5 hingga sekarang.

Masyarakat India juga menggunakan sorgum sebagai pangan pokok. Hal itu terlihat dari luas tanaman sorgum yang mencapai 7-14 juta ha per tahun (FAO 2013). Walaupun luas panen sorgum di India cenderung menurun, tetapi panen pada tahun 2011 masih mencapai 7,4 juta ha dengan produksi 7,0 juta ton. China menggunakan sorgum untuk pangan dan pakan. Luas panen tanaman sorgum di China juga cenderung menurun, namun panen pada tahun 2011 masih mencapai 500.000 ha dengan produksi 2,1 juta ton.

Di negara berkembang, tanaman sorgum identik dengan tanaman petani miskin (the poor men crop), karena budidayanya tanpa modal, produktivitas rendah, dan biji hasil panen digunakan untuk pangan pokok. Di Amerika dan Eropa, sorgum dibudidayakan sebagai tanaman komersial yang hasil panennya digunakan untuk pakan ternak. Di Indonesia, sorgum tidak harus menjadi pangan pokok, tetapi dapat berfungsi sebagai pangan suplementasi beras. Nasi dengan campuran 20-25% sorgum dan 75-80% beras, diperkirakan tidak akan mengubah tekstur, rasa, dan aroma. Bahkan, pada kondisi persediaan beras menipis dan harganya mahal, campuran 50% sorgum dan 50% beras diperkirakan tetap layak dan enak dikonsumsi. Pengolahan campuran biji sorgum + beras sebagai produk nasi perlu diteliti guna mendapatkan teknik pengolahan dan pemasakan yang paling tepat.

Pada tahun 1950-1970, saat harga beras mahal, nasi campuran sorgum dan beras umum dikonsumsi di wilayah lahan kering.

Sorgum mudah diproduksi pada semua agroekologi lahan pertanian di Indonesia. Apabila penggunaan biji sorgum sebagai bahan pangan dapat mensubstitusi 10% dari kebutuhan beras setiap tahun, maka defisit produksi beras tahunan sebesar 2-3,5 juta ton dapat disubstitusi oleh sorgum, dan impor beras tidak diperlukan. Apabila budaya makan “nasi rasgum” dianjurkan maka perlu disediakan lahan, sehingga sorgum tidak akan menggeser kedudukan tanaman pangan lain yang sudah biasa diusahakan. Untuk memproduksi 2,5 juta ton sorgum per tahun diperlukan lahan seluas 2 juta ha, yang perlu disediakan atau dipetakan.

Kegunaan sorgum tidak terbatas sebagai bahan pangan dan pakan. Sebagai pangan, sorgum dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk produk olahan, termasuk nasi, roti, mie, kue kering, kue basah, cake, dan berbagai makanan camilan (*snack*). Sorgum juga dapat diolah untuk bir atau “anggur”. Banyaknya ragam penggunaan sorgum sebagai pangan menunjukkan besarnya peluang pasar bagi hasil panen sorgum. Sorgum manis dari nira batangnya dapat digunakan untuk industri gula. Biji sorgum dapat diproses menjadi bioetanol sebagai bahan bakar mesin. Pati dari biji sorgum dapat pula digunakan sebagai bahan baku industri. Biomas hasil panen berupa limbah dapat dijadikan sebagai bahan baku biogas. Hal tersebut menunjukkan multifungsi tanaman sorgum yang selama ini dilupakan.

Bagi Indonesia, apabila dalam waktu 6-15 tahun mendatang (2020-2030) sorgum dapat dikembangkan sebagai suplementasi pangan pokok beras dan komponen ransum pakan, maka hal itu akan menjadi kebangkitan tanaman sorgum yang selama ini telah ditinggalkan.

EDITOR

Produsen Utama Sorgum Dunia

Hasil Sembiring dan Nuning Argo Subekti
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor*) merupakan tanaman asli Afrika Timur di wilayah Abessinia, Ethiopia, dan sekitarnya (Vavilov 1926), yang kini menjadi tanaman kosmopolitan menyebar ke seluruh dunia. Data FAO tahun 2012 menunjukkan terdapat 110 negara di dunia yang menanam sorgum. Indonesia yang sudah menanam sorgum sejak awal abad ke-4 justru tidak tercantum pada daftar negara produsen sorgum FAO, kemungkinan karena luas areal panennya sangat kecil (FAO 2013).

Negara penanam sorgum memiliki luas panen hingga jutaan ha. India, misalnya pada tahun 1990 menanam sorgum seluas 14,36 juta ha, namun pada tahun 2012 menurun menjadi 7,38 juta ha. Di benua Afrika, Nigeria, dan Sudan merupakan negara penanam sorgum terluas. Pada tahun 2012 masing-masing negara menanam sorgum seluas 5,5 juta ha dan 4,1 juta ha (Tabel 1). Di benua Asia, penanam sorgum terluas kedua setelah India adalah China yang pada tahun 1990 luas mencapai 1,5 juta ha, tetapi menurun menjadi 0,5 juta ha pada tahun 2012.

Di benua Amerika, negara penanam sorgum terbesar adalah Meksiko dan Argentina. Pada tahun 1990 luas panen sorgum di masing-masing negara 1,8 juta ha dan 0,7 juta ha, dan pada tahun 2012 tetap stabil, Meksiko 1,8 juta ha, dan Argentina meningkat menjadi 1,2 juta ha. Tanaman sorgum di Amerika Serikat meningkat 121% dalam 10 tahun terakhir, yaitu 0,38 juta ha pada tahun 1990, menjadi 0,84 juta ha pada tahun 2012. Tanaman sorgum di Australia merupakan tanaman minor walaupun skala usaha per petani cukup luas, karena luasnya kepemilikan lahan. Total luas panen sorgum di Australia pada tahun 1990 adalah 0,38 juta ha dan meningkat menjadi 0,65 juta ha pada tahun 2012 (Tabel 2).

Perancis, Itali, dan Rusia merupakan negara Eropa penanam sorgum, meski luas arealnya relatif kecil. Pada tahun 1990 luas areal panennya adalah 0,07 juta ha di Perancis, 0,02 juta ha di Italia, dan 0,03 juta ha di Rusia. Pada tahun 2012, luas panen sorgum di Perancis turun menjadi 0,04 juta ha, di Italia 0,03 juta ha, dan Rusia 0,04 juta ha.

Di Indonesia, luas panen tanaman sorgum pada tahun 1990-2010 hanya sekitar 25.000 ha dan tersebar, sehingga tidak masuk dalam daftar statistik FAO. Tanaman sorgum di Indonesia terdesak oleh komoditas yang bernilai

Tabel 1. Negara penanam utama sorgum Afrika.

Negara	Luas panen (x 000 ha)		Produktivitas (t/ha)		Produksi (x 000 ton) 2012
	1990	2012	1990	2012	
1. Benia	135,5	90,1	0,7	1,2	108,1
2. Burkina Faso	1.288,3	1.620,0	0,6	1,1	1.782,0
3. Cameron	387,2	735,0	0,8	1,5	1.102,5
4. Chad	438,9	900,0	0,6	1,3	1.170,0
5. Congo	78,0	8,2	0,6	0,9	7,4
6. Mesir	134,2	160,0	4,6	5,6	896,0
7. Erithrea	1.403,0	260,0	0,6	0,3	78,0
8. Ethyopia	448,2	1.923,7	1,4	2,1	4.039,8
9. Ghana	215,2	230,8	0,6	1,2	277,0
10. Kenya	118,6	223,8	0,9	0,8	179,0
11. Mali	808,7	858,7	0,7	1,4	1.202,2
12. Mozambique	404,4	620,0	0,4	0,4	248,0
13. Nigeria	4.185,0	5.550,0	1,0	1,3	7.215,0
14. Rwanda	133,4	97,1	1,1	1,4	135,9
15. Somalia	450,0	380,0	0,6	0,9	342,0
16. Sudan	2.759,4	4.103,4	0,4	1,0	4.103,4
17. Togo	184,0	212,0	0,6	1,1	233,2
18. Uganda	240,0	373,0	1,5	0,9	335,7
19. Zimbabwe	135,6	220,0	0,7	0,3	66,0
20. Tanzania	380,0	839,4	1,2	0,9	755,5

Sumber: FAO Stat. Div. (2012)

Tabel 2. Negara produsen utama sorgum dunia.

Negara	Luas panen (x 000 ha)		Produktivitas (t/ha)		Produksi (x 000 ton) 2012
	1990	2012	1990	2012	
1. Argentina	729,1	1.150,0	2,8	4,5	5.175,0
2. Australia	380,0	650,0	2,4	3,4	2.210,0
3. Bolivia	14,1	120,0	3,6	4,0	480,0
4. Brazil	137,8	691,7	1,7	2,9	2.005,9
5. China	1.544,9	470,0	3,7	4,3	2.021,0
6. Columbia	273,0	7,7	2,9	3,9	30,0
7. Perancis	66,0	42,2	4,1	5,7	240,5
8. India	14.358,0	6.320,0	0,8	0,9	5.688,0
9. Meksiko	1.817,7	1.819,9	3,3	3,8	6.915,6
10. Pakistan	416,5	240,0	0,6	0,6	144,0
11. Afrika Selatan	196,0	50,0	1,7	2,6	130,0
12. Thailand	188,2	29,0	1,3	1,8	52,2
13. Amerika Serikat	380,0	839,4	4,0	4,5	3.777,3
14. Uruguay	26,1	30,0	2,3	3,5	105,0
15. Venezuela	175,8	250,0	2,1	2,0	500,0
16. Yaman	50,6,8	500,0	0,9	0,9	450,0
Total dunia	41.589,9	42.341,8			

Sumber: FAO Stat. Div. (2013)

ekonomi lebih tinggi, seperti jagung, kacang hijau, padi gogo, atau ubi kayu. Pada tahun 1950-1965 areal sorgum cukup luas, biasa ditanam di lahan kering (tegalan) pada musim hujan, pada pematang, atau tumpangsari dengan padi gogo atau kedelai. Pada lahan sawah, sorgum ditanam pada musim kemarau, bulan Juli-Oktober, pada waktu tanaman semusim lainnya kurang toleran terhadap cekaman kekeringan. Sebelum tahun 1970an, biji sorgum digunakan untuk bahan pangan sebagai substitusi beras. Namun setelah persediaan beras memadai dengan harga yang relatif murah, petani di Jawa tidak lagi tertarik menanam sorgum. Sejak tahun 1990an pasar sorgum dapat dikatakan tidak ada. Industri pakan ternak (feed mill) yang mulai tumbuh sejak 1980an nampaknya kurang berminat membeli biji sorgum dalam negeri yang ketersediaannya tersebar dan di setiap lokasi jumlahnya sedikit. Nampaknya ketiadaan pasar ini telah berfungsi menjadi “pemusnah” tanaman sorgum dari lahan petani.

Di negara-negara yang masyarakatnya menggunakan sorgum untuk bahan pangan, sorgum masih tetap menjadi tanaman utama, seperti halnya negara-negara di Afrika. Hampir seluruh negara-negara tropis Afrika menggunakan sorgum sebagai bahan pangan, dan merupakan tanaman penting yang luas panennya relatif stabil dari tahun 1990 hingga 2012. Perubahan luas panen di Erithrea dan Ethiopia lebih disebabkan oleh perubahan geo-politik dalam pembagian wilayah negara, namun petani pelaku penanamnya tetap sama. Di Sudan, Nigeria, Tanzania, Uganda, Mozambique, Chad, dan Kamerun, luas areal tanaman sorgum meningkat nyata dari tahun 1990 ke tahun 2012, terkait dengan kebutuhan pangan penduduk yang terus meningkat.

Sorgum merupakan tanaman sereal yang mampu tumbuh dan menghasilkan pada wilayah semi arid (kering), dengan usahatani yang belum maju, semata-mata menggantungkan pada alam. Tidak mengherankan produktivitas sorgum di negara tropis Afrika sangat rendah, hampir tidak berubah dari tahun 1990 ke tahun 2012, yaitu 0,6 t/ha pada tahun 1990, dan sekitar 1,0 t/ha pada tahun 2012. Bahkan masih ada beberapa negara yang pada tahun 2012 produktivitas sorgumnya rendah, antara 0,3-0,4 t/ha seperti Erithrea, Mozambique, dan Zimbabwe. Hanya Mesir yang memiliki produktivitas sorgum sangat tinggi, 4,6 t/ha pada tahun 1990 dan 5,6 t/ha pada tahun 2012. Namun perlu dicatat bahwa statistik produktivitas pertanian untuk semua komoditas di Mesir sangat tinggi, yang kemungkinan bias ke atas.

Tanaman sorgum di Afrika merupakan tanaman petani miskin yang bergantung sepenuhnya ke alam dalam kondisi curah hujan eratik iklim kering. Produktivitas yang stagnan rendah kurang dari 1 t/ha selama 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa tanaman sorgum berada pada kondisi cekaman kekeringan, defisiensi hara, dan serangan hama penyakit (Kelley

et al. 1992). Kekurangan pangan secara kronis di negara-negara Afrika semi arid-tropis, seperti di Somalia, Erithrea, Burkinapaso, dan Mauritania nampaknya terkait dengan produktivitas tanaman sorgum sebagai bahan pangan pokok utama sangat rendah. Hal tersebut nampaknya sejalan dengan sinyalemen Treitz dan Narain (1998) yang menyebutkan bahwa negara yang penduduknya kekurangan pangan diindikasikan oleh rendahnya produktivitas lahan dan tanaman sebagai akibat dari: (1) cara bertani secara tradisional yang bergantung sepenuhnya pada alam; (2) tidak menggunakan pupuk; (3) bahan tanaman menggunakan benih varietas lokal dengan mutu benih yang rendah; (4) kelembaban tanah bergantung pada curah hujan; dan (5) pemerintah abai terhadap kemajuan pertanian. Dengan demikian tanaman sorgum sebagai bahan pangan yang sebenarnya mudah untuk diproduksi dan lebih toleran terhadap berbagai cekaman abiotik lingkungan, justru menjadi tanaman petani miskin yang sering mengalami kelaparan. Hal ini berbeda dengan kondisi negara-negara Amerika, Eropa dan Australia, yang menggunakan sorgum sebagai pakan ternak. Produksi biomas yang tinggi digunakan sebagai bahan silase, sisa tanaman setelah dipanen bijinya sebagai stover dan biji sorgum merupakan pakan ternak ruminansia yang murah.

Di antara pembatas produktivitas sorgum pada lahan yang kelembaban tanahnya cukup adalah kahat unsur mikro Fe (McCaslin *et al.* 1987). Tanah yang mengandung kapur (*calcareous soil*) dengan pH >7, mengakibatkan unsur Fe tidak tersedia bagi tanaman sorgum sehingga pembentukan klorofil terganggu, daun berwarna coklat, dan tanaman mati sebelum berbunga. Pada tanah berkapur, dengan iklim kering di Indonesia yang menunjukkan tanaman sorgum tumbuh kerdil dan daunnya berwarna coklat, kemungkinan besar juga disebabkan oleh kekurangan unsur Fe. Bila hal tersebut terjadi, penyemprotan unsur mikro Fe dapat mengatasi masalah.

Perbedaan hasil sorgum yang sangat kontras antara negara-negara di Afrika, India, dan negara-negara maju Amerika dan Australia adalah dalam hal teknik budi daya dan kondisi lingkungan tumbuh (Tabel 3). Di sebagian negara bagian India dan negara-negara Afrika, sorgum ditanam pada lahan kering semi arid-tropis dengan curah hujan kurang dari 1.000 mm per tahun dan pola curah hujan eratik dan tidak menentu, sehingga tanaman sering tercekam kekeringan. Tanaman umumnya tidak dipupuk, walaupun kondisi kesuburan tanah rendah. Suhu tinggi dan kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan tanaman mengalami multi-stress, yang berakibat hasil rendah (Kelley *et al.* 1992). Hasil sorgum hanya di bawah 1 t/ha karena pertumbuhan tanaman diserahkan sepenuhnya kepada kondisi dan kemampuan lingkungan. Petani sorgum di India, dengan teknik budi daya intensif menggunakan benih varietas hibrida dan memberikan pupuk dengan dosis optimal memanen sorgum hingga 4-5 t/ha (Kelley *et al.* 1992).

Tabel 3. Perbedaan teknik budi daya sorgum di negara-negara tropis Afrika dengan Amerika Serikat, Australia dan Eropa.

Komponen teknologi	Negara-negara tropis Afrika	Negara maju Amerika, Australia
1. Penyiapan lahan	Sederhana, dangkal	Gembur, optimal
2. Varietas yang ditanam	Varietas asalan, lokal	Hibrida unggul
3. Pupuk	Minimal, tanpa	Optimal
4. Kelembaban tanah	Tergantung curah hujan	Suplementasi irigasi
5. Pertumbuhan tanaman	Tercekam kekeringan, kahat hara	Optimal
6. Pengelolaan tanaman	Minimal, tanpa alsintan	Maksimal, mekanisasi
7. Produktivitas	Rendah, 0,4-1,2 t/ha	Tinggi, 5-6 t/ha
8. Tujuan usaha	Subsisten	Komersial
9. Penggunaan	Pangan keluarga	Pakan ternak
10. Skala usaha	Sempit, 0,5-1,0 ha	100-120 ha

Sumber: Kelley *et al.* (1992).

Di Amerika, Australia dan sebagian China, menurut Kelley *et al.* (1992), petani menanam sorgum varietas hibrida secara monokultur, pada musim tanam utama yang tepat (*main growing season*), dosis pupuk optimal dan tanaman diairi bila menghadapi cekaman kekeringan, sehingga hasilnya mencapai 5-6 t/ha. Kelebihan sorgum dibandingkan dengan jagung adalah lebih toleran kekeringan, sehingga dapat mencegah gagal panen pada kondisi curah hujan minimal.

Gordon dan Whitney (2002) melaporkan bahwa sorgum di Kansas ditanam secara “olah tanah minimal” atau tanpa olah tanah, pupuk N diberikan pada waktu tanam dan menjelang tanaman berbunga, mampu menghasilkan hingga 7,4 t/ha, dibandingkan dengan 5,5 t/ha bila pupuk diberikan sekali pada saat tanaman berumur 5 minggu. Di wilayah yang curah hujannya terbatas, teknik tanpa olah tanah dapat mengkonservasi kelembaban tanah dan menghindarkan tanaman dari kekeringan pada awal pertumbuhan. Di lokasi tertentu di Kansas, tanaman sorgum juga respon terhadap pemberian Cl, di mana pemupukan 40 kg/ha Cl dari NaCl atau dari KCl memberikan hasil 6,9 t/ha, dibandingkan dengan 6,0 t/ha tanpa Cl (Lamond *et al.* 2000).

Tanaman sorgum memanfaatkan seluruh periode musim tanam setahun (*yearly growing season*), dalam pola rotasi tanaman antartahun, seperti sorgum-gandum (terigu), sorgum-kedelai atau sorgum-jagung. Tidak berkembangnya areal tanaman sorgum di Amerika dan Australia disebabkan oleh tidak adanya pasar internasional dan nilai ekonominya rendah. Dalam perdagangan biji-bijian tidak terdapat pasar internasional untuk komoditas sorgum, penggunaan sorgum sangat terbatas sebagai pakan atau bahan

pangan untuk kebutuhan konsumen setempat (Stenhouse dan Tipayaruk 1996).

DAFTAR PUSTAKA

- Gordon, W.B. and D.A. Whitney. 2002. Starter fertilizer application effects on reduced and no tillage grain sorghum production. *Better Crops* Vol. 86(3): 10-11/15.
- Kelley, T.G., P.P. Rao, and R.P. Singh. 1992. Trend in sorghum production and utilization. Progress Report 108. Resource Management Program Economic Group. ICRISAT, Patancheru.
- Lamond, R., V. Martin, and K. Rector. 2000. Chloride fertilization increases yields of corn and grain sorghum. *Better Crops* Vol. 84(4): 10-11.
- McCaslin, B.D., J.G. Davis, L. Cihacek, and L.A. Schluter. 1987. Sorghum yield and soil analysis from sludge-amended calcareous iron deficient soil. *Agron. Journal* Vol. 79(2): 204-209.
- Reddy, B.V.S., J.W. Stenhouse, and H.F.W. Rattunde. 1996. Sorghum grain quality improvement for food, feed, and industrial uses. Hal. 39-54. *Dalam: Sudaryono et al. (Eds.): Prospek tanaman sorgum untuk pengembangan agroindustri. Risalah Simposium. Edisi Khusus Balitkabi No. 4, 1996. Balitkabi, Puslitbangtan. Bogor.*
- Stenhouse, J.W. and J.L. Tipayaruk. 1996. *Sorghum bicolor*. p. 130-136. *In: Gruber, G.J.H. and S. Partohardjono (Eds.). Plant resources of South East Asia No. 10. Cereals. Backhuys Pub., Leiden, The Netherlands.*
- Treitz, W. and T.M. Narain. 1998. Conservation and management of the environment and natural resources in developing countries. p. 137-150. *In: E. Javier and U. Remborg (Eds.): The changing dynamics of global agriculture. ISNAR, DSE.CTA, DSE/ZEL, Feldafing, Germany.*
- Vavilov, N.I. 1926. Studies on origin of cultivated plants. *Bull. Appl. Bot.* 16(2):248.

Perdagangan Sorgum di Pasar Dunia dan Asia serta Prospek Pengembangannya di Indonesia

Sri Hery Susilowati dan Handewi P. Saliem
Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian

PENDAHULUAN

Salah satu masalah dalam pencapaian ketahanan pangan adalah ketergantungan terhadap bahan pangan impor, terutama beras dan gandum. Data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) menunjukkan konsumsi pangan pokok di Indonesia masih cenderung bias ke beras meskipun besaran konsumsi per kapita cenderung menurun. Data juga menunjukkan konsumsi terigu dan produk turunannya secara agregat meningkat, sementara konsumsi pangan umbi-umbian justru menurun, baik di kota maupun di perdesaan. Pergeseran konsumsi pangan yang mensubstitusi peranan beras sebagai sumber kalori justru terjadi pada berbagai produk makanan berbahan baku tepung terigu/gandum yang merupakan bahan pangan impor, seperti mie dan roti, terjadi di berbagai agroekosistem (Susilowati *et al.* 2012). Pada golongan masyarakat tertentu, konsumsi mie dan roti yang dibuat dari tepung terigu bahkan telah menggantikan peranan beras/nasi sebagai bahan makanan untuk sarapan pagi dan perubahan pola konsumsi tersebut cenderung meningkat sejalan dengan naiknya pendapatan dan tumbuhnya daerah perkotaan. Konsekuensinya, impor gandum Indonesia meningkat pesat dari sekitar 1,72 juta ton atau menempati peringkat ke-17 dunia pada tahun 1990 menjadi 4,66 juta ton atau menempati peringkat ke-6 dunia pada tahun 2009 (FAO Stat 2011). Ketergantungan terhadap beras yang masih sangat tinggi di satu sisi dan konsumsi produk impor terigu yang semakin meningkat cukup pesat, di sisi lain merupakan indikator negatif bagi kemandirian pangan nasional.

Dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap bahan pangan impor perlu dikembangkan bahan pangan lokal untuk diversifikasi pangan pokok beras dan mengurangi konsumsi terigu. Pengembangan bahan pokok lokal tersebut tentu harus sesuai dan dapat dikembangkan pada lahan kering mengingat ketersediaan lahan sawah yang semakin terbatas untuk penanaman komoditas pangan. Komoditas yang dikembangkan tersebut harus sesuai dengan kondisi lahan kering yang umumnya memiliki tingkat kesuburan rendah, peka terhadap erosi, dan ketersediaan air terbatas. Salah satu komoditas yang mudah beradaptasi pada kondisi tersebut adalah sorgum. Tanaman sorgum tumbuh baik pada agroklimat kering dengan suhu tinggi, curah hujan rendah, dan lahan yang relatif terdegradasi. Selain

digunakan untuk bahan pangan sorgum juga dimanfaatkan untuk pakan ternak.

Sorgum umumnya dibudidayakan di beberapa negara berkembang di Asia dan Afrika dan juga di negara berkembang di Amerika. Di India, sekitar 1% kebutuhan kalori dipenuhi dari sorgum dan sebagian dari sumber sereal lainnya (Nedumaran *et al.* 2013), sementara di Amerika umumnya digunakan untuk pakan ternak. Di Indonesia, sorgum belum dibudidayakan secara luas. Pengembangan dan budi daya sorgum masih terbatas di beberapa wilayah, seperti Nusa Tenggara Timur, dan beberapa wilayah di Jawa Barat dan Jawa Tengah, baik sebagai bahan pangan lokal maupun pakan ternak. Informasi dan data tentang ekonomi sorgum relatif sulit diperoleh, baik pada publikasi dalam negeri maupun publikasi internasional.

Oleh karena itu, informasi terkait posisi ekonomi sorgum di pasar domestik dan pasar dunia diperlukan untuk mendukung upaya pengembangan sorgum. Tulisan ini memberikan informasi dan menganalisis posisi sorgum di pasar dunia dan Indonesia serta potensi dan prospek pengembangan sorgum di Indonesia.

POSISI SORGUM DI PASAR DUNIA DAN ASIA

Pasar Dunia

a. Produksi

Sorgum merupakan tanaman asli dari daerah tropis dan subtropis di bagian Pasifik Tenggara dan Australia-Asia. Sejumlah sumber menyebutkan tanaman ini berasal dari Afrika dengan 32 spesies (Nedumeran *et al.* 2013). Di antara spesies tersebut, yang paling banyak dibudidayakan adalah spesies *Sorghum bicolor* (japonicum). Secara global, sorgum merupakan tanaman pangan penting setelah gandum, padi, jagung, dan barley. Sorgum dibudidayakan di banyak negara dan sekitar 80% areal pertanaman berada di Afrika dan Asia.

Tabel 1 menunjukkan posisi sorgum di pasar dunia, dimana produsen sorgum dunia didominasi oleh India, Nigeria, AS, China, Ethiopia, Australia, dan Brazilia.

Negara-negara tersebut dapat disebut sebagai 10 besar (*top ten*) negara produsen sorgum. Data tahun 2011 menunjukkan India merupakan negara penghasil sorgum terbesar di dunia. Di India sendiri sorgum menduduki peringkat ke-10 di antara komoditas dominan yang dihasilkan (FAO 2011). Di Asia, selain India, China juga merupakan produsen sorgum terbesar dan

Tabel 1. Produksi sorgum di 20 negara produsen utama dunia, 2011.

Peringkat	Negara	Produksi (MT)	Nilai produksi (‘000 dolar AS)
1	India	7.003.100	1.037.172
2	Nigeria	6.897.060	884.434
3	USA	5.447.100	346.704
4	Argentina	4.458.442	313.177
5	Ethiopia	3.959.897	603.130
6	China	2.054.316	179.619
7	China, mainland	2.050.900	186.787
8	Australia	1.934.510	17.603
9	Brazil	1.931.135	5.974
10	Burkina Faso	1.505.543	227.073
11	Mali	1.191.020	160.903
12	Cameroon	1.145.970	171.732
13	Egypt	839.195	52.938
14	Niger	807.268	113.936
15	United Republic of Tanzania	806.575	119.634
16	Chad	648.000	95.445
17	Venezuela	491.000	9.996
18	Uganda	437.000	58.745
19	Yemen	412.031	61.449
20	Mozambique	409.745	59.681

Sumber : FAO Stat (2011)

menduduki peringkat keenam dunia. Amerika Serikat merupakan negara produsen ketiga terbesar dunia dan sekaligus sebagai negara eksportir terbesar dunia. Data yang menunjukkan posisi Indonesia dalam pasar sorgum dunia tidak tersedia dalam Statistik FAO. Hal ini menunjukkan sorgum di Indonesia belum dikembangkan dengan baik sehingga data statistik sorgum belum tersedia.

b. Ekspor

Meskipun India merupakan produsen utama sorgum (tahun 2011) namun sebagai eksportir utama dunia adalah Amerika yang menduduki ranking pertama, kemudian disusul oleh Argentina, Perancis, China, dan Australia, sementara India hanya menduduki peringkat keenam (Tabel 2). Hal ini terjadi karena permintaan sorgum India untuk memenuhi kebutuhan sendiri cukup besar sehingga sebagian besar produksi dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Perancis menduduki peringkat ketiga eksportir sorgum dunia, tidak termasuk 20 besar negara produsen utama sorgum dunia. Hal ini terjadi karena Perancis melakukan *re-export* sorgum yang diimpor dari negara lain. Selain sebagai ekportir, impor sorgum oleh Perancis cukup besar,

Tabel 2. Ekspor sorgum oleh negara eksportir utama dunia, 2011.

Peringkat	Negara	Kuantitas (ton)	Nilai (*000 dolar AS)	Nilai/unit (dolar AS/ton)
1	USA	3.362.653	973.322	289
2	Argentina	1.847.529	416.113	225
3	France	73.220	27.870	381
4	China, mainland	68.702	26.400	384
5	Australia	75.766	22.976	303
6	India	38.395	15.985	416
7	Sudan	27.241	12.066	443
8	Ukraine	53.121	11.912	224
9	Kenya	49.709	8.844	178
10	Ethiopia	21.714	6.571	303
11	Germany	13.408	4.242	316
12	Netherlands	7.627	2.810	368
13	Hungary	4.085	2.557	626
14	Spain	5.230	2.076	397
15	Egypt	3.466	1.993	575
16	Italy	3.694	1.862	504
17	Nicaragua	10.062	1.763	175
18	Romania	6.377	1.671	262
19	Burkina Faso	5.001	1.304	261
20	Belgium	2.593	1.061	409

Sumber: FAO Stat (2011)

mencapai 74,6 ribu ton dan berada pada posisi urutan ke-10 importir sorgum dunia (Tabel 3). Sebaliknya, China dan Australia konsisten sebagai produsen dan eksportir utama dunia, meskipun permintaan sorgum untuk kebutuhan dalam negeri China juga cukup tinggi.

Nilai ekspor per satuan yang mencerminkan harga ekspor cukup bervariasi antarnegara. Harga ekspor cukup tinggi terjadi di Hungaria, Egipt, Italia, India, dan Sudan, sementara di negara lain tergolong moderat. Harga ekspor sorgum yang tergolong murah adalah di Kenya dan Nikaragua. Tinggi rendahnya nilai per unit ekspor sorgum erat kaitannya dengan kuantitas.

c. Impor

Importir utama sorgum dunia adalah Meksiko, disusul oleh Jepang, Chile, Colombia, Spanyol, Sudan, China Taiwan, Belgia, Maroko dan Perancis (Tabel 3). Indonesia dalam impor sorgum dunia tidak tercatat pada FAO Stat karena sorgum belum menjadi bagian dari pangan lokal yang dikonsumsi masyarakat secara luas dan penggunaan sorgum baru terbatas di beberapa sentra penghasil sorgum.

Tabel 3. Importir sorgum oleh negara importir utama dunia, 2011.

Peringkat	Negara	Kuantitas (ton)	Nilai (‘000 dolar AS)	Nilai/unit (dolar AS/ton)
1	Mexico	2,380,276	687,792	289
2	Japan	1,395,841	436,486	313
3	Chile	636,112	161,279	254
4	Colombia	471,296	125,330	266
5	Spain	427,189	128,567	301
6	Sudan	290,269	80,000	276
7	China, Taiwan	97,646	37,703	386
8	Belgium	78,028	25,498	327
9	Morocco	76,528	24,293	317
10	France	74,663	25,653	344
11	Germany	63,224	18,790	297
12	Peru	60,886	16,043	263
13	Israel	60,345	18,429	305
14	Kenya	58,223	19,466	334
15	Eritrea	54,350	16,622	306
16	Ethiopia	53,439	24,000	449
17	Chad	48,757	15,600	320
18	Italy	47,164	18,621	395
19	New Zealand	43,284	12,493	289
20	Somalia	36,707	10,974	299

Sumber: FAO Stat (2011)

Meksiko dan Jepang merupakan importir terbesar sorgum dunia. China selain termasuk kedalam 10 importir sorgum terbesar dunia, juga tergolong sebagai 10 produsen dan eksportir dunia. Hal ini menunjukkan bahwa sorgum di China berperan dalam ekonomi pangan, yang didukung oleh data permintaan sorgum untuk pangan dan pakan yang cukup tinggi. Dapat dikatakan bahwa China merupakan negara utama di Asia Bagian Timur sebagai produsen, eksportir, pengguna dan sekaligus importir sorgum. Perancis bukan sebagai negara produsen, namun melakukan impor dalam jumlah cukup besar yang digunakan untuk *re-export*. Perancis termasuk dalam peringkat 10 importir sorgum dunia.

Pasar Asia

a. Luas areal, produksi, dan produktivitas

Di Asia, areal sorgum dominasi oleh India, sekitar 87% dari total luas sorgum di Asia pada tahun 2012 dengan produksi mencapai 6 juta ton atau sekitar 71,2% dari total produksi Asia (Tabel 4). Negara utama kedua penghasil sorgum di Asia setelah India adalah China. Selama lima tahun terakhir, luas area panen sorgum menurun sekitar 5% (FAO Stat 2012), terutama

Tabel 4. Luas panen, produksi, dan produktivitas sorgum di Asia, 2012.

Negara	Area (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (kg/ha)
Asia Selatan			
Bangladesh	187	254	1.358
India	6.320.000	6.010.000	951
Pakistan	240.000	150.000	625
Sri Lanka	70F	100	1.429
Asia Tenggara			
Papua New Guinea	1.000	4.500	4.500
Thailand	29.000 ^F	55.000	1.897
Myanmar	225.000	212.000	
Asia Timur			
China	472.000	2.003.600	4.245
Republic of Korea	1.500	2.400	1.600

F = Angka perkiraan FAO

Sumber: FAO Stat (2012)

disebabkan oleh perubahan kondisi social-ekonomi masyarakat, seperti peningkatan pendapatan, perubahan selera masyarakat dengan meningkatnya pendapatan dan peningkatan urbanisasi. Selama ini sorgum masih dipandang sebagai pangan minoritas, khususnya di Asia. Penurunan luas areal dicerminkan oleh penurunan luas panen sorgum, yaitu dari 58% terhadap luas areal secara total pada tahun 1960 menjadi hanya sekitar 20% pada tahun 2009 di Asia Selatan dan Asia Tenggara (Nedumeran *et al.* 2013). Dengan adanya penurunan luas areal tersebut, meskipun pada tahun 1990an terjadi kenaikan produktivitas, namun tidak berdampak terhadap peningkatan produksi. Asia Selatan merupakan penghasil sorgum terbesar dengan luas panen terbesar pula se-Asia, namun produktivitas masih kalah dibandingkan dengan Asia Tenggara. Kontribusi produksi sorgum Asia di pasar dunia menurun pada tahun 2012. Namun produktivitas meningkat, sebagai konsekuensi dari peningkatan pemuliaan sorgum. Hal ini tercermin dari tingkat produksi tertinggi sorgum pada tahun 2009 sekitar 62 juta ton atau 51% lebih tinggi dibandingkan dengan produksi pada tahun 1960.

b. Neraca perdagangan

Hampir seluruh wilayah di Asia memiliki neraca perdagangan negatif, atau nilai impor lebih besar dibanding nilai ekspor, kecuali India yang merupakan produsen dan eksportir sorgum terbesar di Asia (Tabel 5). China yang termasuk 10 besar produsen sorgum juga melakukan ekspor dan impor, neraca perdagangan juga berada pada posisi negatif.

Tabel 5. Neraca perdagangan sorgum di Asia, 2010.

Negara	Neraca (metrik '000 ton)
Asia Selatan	-473
Bangladesh	1
Pakistan	-85
Sri Lanka	0
Asia Tenggara	-96
Malaysia	0
Papua New Guinea	-23
Philippines	-9
Thailand	-63
Asia Timur	-893
China	-899
North Korea	9
South Korea	-3

Sumber: FAO Stat (2011)

Menurut proyeksi Nedumeran *et al.* (2013), negara-negara di wilayah Asia Tenggara mengimpor sorgum dalam jumlah yang meningkat 60% pada tahun 2020 dari sekitar 96 ribu ton pada tahun 2010. Di antara tahun 2020 dan 2040, impor sorgum diperkirakan meningkat 1.5 kali lipat, khususnya dipicu oleh peningkatan impor oleh Thailand. Peningkatan impor sorgum juga akan dialami oleh China dan Pakistan, sebaliknya India justru akan mengurangi impor. Secara umum neraca perdagangan sorgum Asia Selatan akan bernilai positif pada tahun 2020. Hal ini sebagai konsekuensi dari peningkatan impor dari Asia Timur dan Asia Tenggara.

c. Permintaan total, pangan, dan pakan

Total permintaan sorgum di Asia mencapai sekitar 18% dari total permintaan sorgum dunia. Hal ini menunjukkan peranan sorgum yang cukup tinggi dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan pakan. Permintaan sorgum menunjukkan kecenderungan yang relatif tetap, namun meningkatnya pendapatan masyarakat di Asia dan kecenderungan harga beras dan gandum semakin murah di beberapa negara konsumen sorgum, maka kebutuhan per kapita cenderung menurun. Asia Tenggara menunjukkan kecenderungan penurunan permintaan sorgum sejak 210, sementara permintaan sorgum terbesar berasal dari Asia Selatan, khususnya India. Selain sebagai produsen utama sorgum India juga sebagai konsumen terbesar sorgum di Asia secara keseluruhan.

Permintaan sorgum untuk pangan secara agregat di Asia sekitar 42,5% dari total permintaan dunia, selebihnya untuk pakan. Di Asia sendiri,

Tabel 6. Permintaan sorgum untuk pangan dan pakan di tingkat dunia dan wilayah Asia, 2010.

Negara	Total (‘000 ton)	Pangan (‘000 ton)	Pakan (‘000 ton)
Dunia	66.681	28.307	31.261
Asia	11.990	8.788	2.430
Southern Asia	8.349	7.597	134
Bangladesh	1	1	0
India	8.096	7.372	118
Pakistan	252	224	15
Sri Lanka	0	0	0
South-Eastern Asia	209	23	176
Papua New Guinea	29	23	0
Philippines	10	0	10
Thailand	170	4	166
Eastern Asia	3.432	1.168	2.120
China	3.416	1.160	2.112
North Korea	10	8	1
South Korea	6	0	6

Sumber: FAO Stat (2011)

permintaan sorgum untuk pangan mencapai 73% dari total permintaan, sedangkan selebihnya untuk pakan. Permintaan sorgum untuk pangan didominasi oleh Asia Selatan mencapai 87% dari permintaan sorgum untuk pangan di Asia, sisanya tersebar di Asia Tenggara dan Asia Timur.

Untuk pakan ternak, permintaan sorgum dunia mencapai 52% dari total permintaan. Permintaan sorgum untuk pakan di tingkat dunia mengalami penurunan sekitar pada 1985an, namun kemudian meningkat cepat hingga mencapai 50% dari total permintaan sorgum dunia. Sementara permintaan sorgum untuk pakan di Asia hanya sekitar 27% dari total permintaan sorgum di wilayah Asia. Berbeda dengan permintaan pangan yang didominasi oleh Asia Selatan, permintaan sorgum terbesar untuk pakan di wilayah Asia Timur, khususnya China, Asia Tenggara dan Asia Selatan relative sangat kecil (Tabel 6).

LUAS AREAL, PRODUKSI, DAN PROSPEK PENGEMBANGAN SORGUM DI INDONESIA

Sorgum merupakan tanaman yang termasuk family Gramineae, seperti padi, jagung, gandum, dan tanaman lain seperti bambu dan tebu (Kusmiadi 2011). Budi daya sorgum sudah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia, terutama di Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat

(NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Salah satu sifat khas dari sorgum adalah toleran terhadap kekeringan dan genangan (Anas 2007). Sorgum mempunyai potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia karena mempunyai daerah adaptasi yang luas. Potensi dan keunggulan yang dimiliki sorgum antara lain dapat ditanam pada lahan suboptimal (lahan kering, rawa, dan lahan masam yang tersedia cukup luas di Indonesia, sekitar 38,7 juta hektar) dengan produktivitas yang cukup tinggi, dan kandungan protein lebih tinggi dari beras. (Warta IPTEK 2012). Sorgum mempunyai karakteristik yang lebih dekat dengan gandum sehingga berpotensi menggantikan terigu dan dapat menghasilkan gula.

Budi daya sorgum oleh petani Indonesia sudah dilakukan sejak lama namun masih belum stabil, sehingga data terkait komoditas sorgum masih sangat minim. Pada era Orde Baru, pengembangan sorgum dirasakan kurang karena program Bimas dan Inmas fokus pada komoditas padi sehingga kedudukan sorgum sebagai bahan pangan lokal tergeser oleh beras. Pengembangan sorgum terus menurun karena belum adanya pemanfaatan sorgum untuk keperluan tertentu selain pangan dan pakan. Beberapa masyarakat lokal hanya menjadikan sorgum sebagai tanaman sela di kebun dan sebagai alternatif pangan menjelang masa paceklik. Meskipun kandungan nutrisi sorgum tinggi, namun saat ini belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Harga sorgum belum mampu bersaing dengan sereal lain seperti beras, jagung, gandum dan kacang-kacangan. Pemanfaatan sorgum oleh petani juga masih terkendala oleh kelengkapan fasilitas yang diperlukan seperti mesin pemecah biji dan peralatan pascapanen lainnya. Biji sorgum sulit dikupas sehingga diperlukan perbaikan teknologi penyosohan (Sirrapa 2003).

Data terkini luas area pertanaman sorgum secara nasional tidak tersedia, baik di BPS maupun Direktorat terkait. Data luas areal, produksi, dan produktivitas yang tersedia sudah sangat lama. Hal ini menunjukkan kurangnya perhatian Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik sebagai pusat data nasional, meskipun berbagai wacana pengembangan sorgum sebagai alternatif pangan lokal dalam rangka diversifikasi pangan sering dimunculkan. Luas area, produksi, dan produksi sorgum menurut referensi yang ada disajikan pada Tabel 7.

Data dan informasi terkini yang tersedia dari beberapa referensi masih bersifat parsial di wilayah-wilayah tertentu, tidak secara nasional. Di Sidrap, Sulawesi Selatan, terdapat area sorgum seluas 3,200 ha, dimana produksinya digunakan untuk pakan, sirup, dan tepung. Di Kendari, hasil sorgum dari area seluas 6,000 ha digunakan untuk pakan dan sirup. Di Wayngapu, Sumba, NTT, hasil sorgum dari area seluas 4,000 ha digunakan untuk pakan, sirup, dan tepung. Di Purwakarta, Jawa Barat dan Pasuruan, Jawa Timur, produksi sorgum, masing-masing dari area seluas 3.000 ha, digunakan untuk sirup

Tabel 7. Rata-rata luas tanam, produksi, dan produktivitas sorgum di beberapa sentra pengembangan sorgum di Indonesia (berbagai tahun).

Lokasi	Luas (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
Jawa Tengah (1973"1983) ¹	15.309	17.350	1,13
Jawa Timur (1984"1988) ²	5.963	10.522	1,76
DI Yogyakarta (1974"1980) ³	1.813	670	0,37
Nusa Tenggara Barat (1993/94) ⁴	30	54	1,80
Nusa Tenggara Timur(1993/94) ⁴	26	39	1,50

Sumber: Sirappa (2003)

dan tepung. (<http://www.bumn.go.id/ptpn12/publikasi/berita/lahan-tanaman-sorgum-di-indonesia-akan-diperluas-2/>).

Pengembangan sorgum dapat berperan dalam meningkatkan nilai ekspor nonmigas. Menurut Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura (1996), volume ekspor sorgum Indonesia ke Singapura, Hongkong, Taiwan, dan Malaysia mencapai 1.092,4 ton atau senilai 116.211 dolar Amerika Serikat. Kondisi ini memberi peluang bagi Indonesia untuk mengeksport sorgum secara optimal.

Pengembangan sorgum masih menghadapi kendala, antara lain kesulitan memperoleh benih lokal unggul. Hal ini menyebabkan para petani tidak membudidayakan sorgum secara rutin. Dari sisi produksi, Indonesia masih tergolong minim dibandingkan dengan produksi sorgum di wilayah Asia atau dunia. Dewasa ini upaya pengembangan sorgum di Indonesia telah mulai digiatkan seiring dengan program diversifikasi pangan yang menjadi bagian dari empat target sukses Kementerian Pertanian. Upaya pengembangan dan peningkatan produksi sorgum dilakukan melalui perluasan area dan peningkatan produktivitas.

DAERAH PENGEMBANGAN SORGUM

Budi daya sorgum sudah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia, terutama di Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Daerah penghasil sorgum dengan pola pengusahaan tradisional adalah Jawa Tengah (Purwodadi, Pati, Demak, Wonogiri), Daerah Istimewa Yogyakarta (Gunung Kidul, Kulon Progo), Jawa Timur (Lamongan, Bojonegoro, Tuban, Probolinggo). Pengembangan sorgum diutamakan pada daerah-daerah yang pernah melakukan pertanaman sorgum. Area yang berpotensi untuk pengembangan sorgum di Indonesia cukup luas, meliputi daerah beriklim kering atau musim

hujannya pendek dan tanah yang kurang subur sebagai berikut (Sirappa 2003):

1. Jawa Barat: Kabupaten Garut, Ciamis, Cirebon, dan Sukabumi.
2. Jawa Tengah: Kabupaten Brebes, Demak, dan Wonogiri.
3. DI Yogyakarta: Kabupaten Bantul, Kulon Progo, dan Bantul.
4. Jawa Timur: Kabupaten Pacitan, Sampang, dan Lamongan.
5. Nusa Tenggara Timur: Kabupaten Kupang, Rote Ndao, Timor Tengah Selatan, Timor Tengah Utara, Belu, Alor, Flores Timur, Sikka, Ende, Ngada, Manggarai, dan Sumba Barat.

Berbagai kajian peningkatan produksi sorgum telah banyak dilakukan, diantaranya oleh BATAN, LIPPI (*Suara Pembaruan*, 4 Juni 2013) dan Badan Litbang Pertanian. Secara sporadis, pengembangan sorgum dilakukan oleh beberapa petani di Sidrap Sulawesi Selatan untuk pakan ternak, sirup, dan tepung, di Kendari Sulawesi Tenggara dan Sumba NTT. Di Purwakarta Jawa Barat dan Pasuruan Jawa Timur sorgum sudah diolah dalam skala terbatas. Pengembangan sorgum oleh masyarakat di NTT gencar dilakukan pada beberapa desa di Flores Timur, Sikka, Ende, Nagekeo, Manggarai Barat, Sumba Timur, hingga Belu di Pulau Timor. Pengembangan budi daya sorgum di Flores disinergikan dengan potensi wisata alam sehingga menjadi kawasan agrowisata.

PROSPEK SORGUM SEBAGAI BAHAN PANGAN, PAKAN, DAN INDUSTRI

Sebagai bahan pangan, biji sorgum dapat dibuat tepung yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan berbagai jenis kue kering, kue basah dan mie (Suarni dan Patong 2002). Dalam pembuatan berbagai produk pangan, tepung sorgum dapat mensubstitusi 15-50% terigu tanpa mengurangi rasa, tekstur, dan aroma produk. Salah satu kelebihan dari tepung sorgum adalah memiliki nilai gizi yang lebih tinggi dibanding tepung beras, jagung, dan ubi kayu. Kandungan pati biji sorgum juga cukup tinggi, sekitar 83%, sedangkan kadar lemak dan proteinnya masing-masing 3,60% dan 12,3% (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura 1996, Beti *et al.* 1999 dalam Sirappa 2003). Kelebihan lain dari tepung sorgum adalah daya kembangnya yang sangat tinggi dan mudah larut dalam air. Kedua sifat tersebut diperlukan dalam pembuatan produk makanan berbasis tepung. Pemanfaatan sorgum dalam bentuk tepung lebih menguntungkan karena lebih praktis dan mudah diolah menjadi berbagai produk makanan ringan. Pengolahan sorgum menjadi tepung sudah dilakukan meskipun dalam skala kecil, antara lain oleh PT Bogasari. Salah

satu industri makanan di Jakarta juga telah memanfaatkan tepung sorgum untuk crackers yang lebih renyah dibanding yang dibuat dari tepung terigu (Irawan dan Sutrisna 2011).

Batang dan daun sorgum memiliki rasa manis dan renyah serta dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, terutama sapi. Di Australia, batang dan daun sorgum telah dikembangkan menjadi *forage sorgum* dan *sweet sorgum* untuk pakan (Irawan dan Sutrisna 2011). Biji sorgum juga dapat dimanfaatkan untuk pakan ayam dan itik. Namun pemanfaatan sorgum untuk pakan ternak masih terdapat perbedaan pendapat terkait dengan kandungan tanin yang dalam jumlah tertentu dapat menghambat pertumbuhan ternak (Rooney dan Sullines 1977, Scott *et al.* 1976, Koentjoko 1996, Reddy *et al.* 1995 dalam Irawan dan Sutrisna 2011).

Hampir seluruh bagian tanaman sorgum, seperti biji, tangkai biji, daun, batang dan akar, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Produk-produk turunan seperti gula, sirup, bioetanol, kerajinan tangan, pati, biomas, dan lain-lain merupakan produk yang dapat dihasilkan dari sorgum. Nira sorgum juga bisa diolah untuk berbagai keperluan sehingga lebih efisien dibandingkan jagung. Biji sorgum memiliki kandungan tepung dan pati yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri pakan dan pangan seperti gula, monosodium glutamat (MSG), asam amino, dan minuman. Biji sorgum juga dapat diolah menjadi pati (*starch*) yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk industri seperti bahan perekat, pengental, dan aditif pada industri tekstil (Irawan dan Sutrisna 2011, Sirappa 2003).

PERMASALAHAN DAN KEBIJAKAN PENGEMBANGAN

Permasalahan pengembangan sorgum terdapat mulai dari hulu sampai hilir, yang meliputi teknologi budi daya, pascapanen, dan industri pengolahan, jaminan pasar, dan permintaan. Secara umum, masalah utama dalam pengembangan sorgum terkait dengan pemanfaatan untuk berbagai produk pangan olahan dan produk industri, permintaan pasar, ketersediaan benih, dan pola produksi sorgum di tingkat petani sebagai berikut: (a) pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan masih terbatas, hanya diolah secara sederhana sebagai kudapan dan makanan pokok sumber karbohidrat, belum dilakukan pengolahan sebagai bahan baku industri secara luas, (b) nilai keunggulan komparatif dan kompetitif ekonomi sorgum relatif masih rendah karena belum tercipta pasar sorgum secara luas dan kontiniu, baik di tingkat regional maupun nasional, karena terbatasnya produk olahan industri yang dihasilkan, (c) pengolahan pada skala rumah tangga masih sulit dilakukan karena teknologi pascapanen belum

berkembang dan biji sorgum mudah rusak selama penyimpanan, (d) benih unggul masih sulit diperoleh dan ketersediaan varietas yang disenangi petani masih kurang, (e) pengembangan sorgum oleh petani belum intensif, sebagian besar sebagai tanaman sela, dan pembinaan usahatani belum intensif.

Berdasarkan berbagai permasalahan yang telah diuraikan, strategi dan kebijakan yang diperlukan untuk pengembangan sorgum meliputi berbagai aspek: (a) teknologi budi daya, (b) teknologi pengolahan dan industri, (c) ekonomi (permintaan pasar dan jaminan harga), dan (d) pengembangan kelembagaan (komunitas).

Teknologi Budi daya

Pengembangan tanaman sorgum oleh petani selama ini hanya sebagai tanaman sampingan pada luasan terbatas dan ketersediaan benih unggul belum memenuhi kriteria enam tepat (jenis, jumlah, harga, kualitas, waktu, tempat) sehingga kontinuitas pasokan tidak kondusif bagi pengembangan industri berbasis sorgum. Oleh karena itu, strategi dan kebijakan yang diperlukan adalah pengembangan sorgum secara intensif dan skala luas, penyediaan sarana produksi (khususnya benih unggul) secara enam tepat, khususnya pada daerah-daerah potensial pengembangan sorgum.

Sesuai dengan karakteristik tanaman yang tumbuh baik pada agroklimat kering dengan suhu tinggi, curah hujan rendah dan lahan yang relatif terdegradasi, maka pengembangan sorgum diarahkan pada lahan-lahan kering yang tidak berkompetisi dengan tanaman pangan lainnya. Menurut Irawan dan Sutrisna (2011), dalam rangka memperbaiki kesuburan tanah maka pengembangan sorgum di lahan kering idealnya dilakukan secara terintegrasi dengan ternak sapi untuk menjamin ketersediaan pupuk organik secara *in situ*. Pengembangan integrasi sorgum dan ternak sapi perlu dilaksanakan secara berkelanjutan dalam jangka panjang karena pengaruh pemupukan organik terhadap kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman baru terlihat setelah dilakukan pemupukan organik secara intensif selama beberapa tahun. Selain itu, tanaman sorgum responsif terhadap pemupukan, sehingga diperlukan teknologi pemupukan spesifik lokasi. Pemetaan sentra produksi sorgum yang meliputi kondisi lingkungan tumbuh, terutama kesuburan tanah/ jenis tanah (gambut, masam, salin) dan curah hujan sangat diperlukan, sehingga dapat menentukan paket teknologi budi daya (PTT sorgum) spesifik wilayah.

Teknologi Pengolahan dan Industri

Salah satu strategi pengembangan sorgum sebagai pangan alternatif adalah memperbanyak berbagai produk olahan dari biji sorgum. Dengan semakin beragamnya hasil olahan sorgum akan berdampak terhadap permintaan biji sorgum dan lebih lanjut akan mendorong peningkatan pasokan dari petani. Teknologi pengolahan hasil yang dapat meningkatkan rasa maupun penampilan serta teknologi pengemasan merupakan hal penting dalam pengembangan sorgum untuk lebih meningkatkan nilai jual produk olahan. Untuk itu perlu dilakukan perintisan kerja sama dengan industri kecil maupun besar dalam usaha peningkatan nilai jual dan pemasaran produk olahan sorgum. Pengolahan limbah sorgum untuk pakan ternak juga perlu dikembangkan untuk mendapatkan nilai tambah dari usahatani sorgum.

Ekonomi (permintaan pasar dan jaminan harga di tingkat petani)

Pengembangan sorgum akan berjalan baik jika ada permintaan pasar dan pasokan dengan harga yang menguntungkan petani. Untuk memperluas pasar dan meningkatkan harga sorgum maka nilai guna sorgum perlu ditingkatkan. Hal ini dapat ditempuh dengan meningkatkan pemanfaatan sorgum, bukan hanya sebagai bahan baku produk makanan tradisional tetapi dimanfaatkan pula sebagai bahan baku industri makanan modern (misalnya mie, roti, kue kering/basah), bahan baku produk industri lain (misalnya gula), bahan pakan ternak dan bioetanol.

Menurut Irawan dan Sutrisna (2011), pengalaman dalam pengembangan ubi kayu membuktikan bahwa keunggulan strategi ini adalah harga ubi kayu di tingkat petani cenderung naik sejalan dengan berkembangnya industri produk berbasis ubi kayu seperti chip, tapioka, pakan ternak, dan terutama bioethanol sehingga terjadi persaingan harga diantara industri tersebut. Pengalaman dalam pengembangan ubi kayu dapat diterapkan pada sorgum. Untuk itu perlu didorong investasi swasta, yang tahap awal perlu didukung pemerintah melalui subsidi bunga kredit investasi.

PENGEMBANGAN KELEMBAGAAN

Salah satu usaha untuk mempercepat pengembangan sorgum di Indonesia adalah menghimpun pelaku pengembang sorgum dalam suatu kelembagaan atau komunitas (Anas 2007). Tujuannya adalah untuk membangun *networking* (jaringan) kerja sama sehingga arus informasi dan

pemecahan berbagai permasalahan dalam pengembangan sorgum akan lebih cepat teratasi. Pengembangan kelembagaan yang terdiri dari unsur petani selaku pelaksana produksi, pemerintah selaku pemegang kebijakan, lembaga penelitian selaku pengembang tanaman sorgum/produk dan industri selaku pelaku bisnis berperan penting dalam mempercepat dan menjaga keberlanjutan program pengembangan sorgum. Pengembangan kelembagaan perlu dilakukan di sentra-sentra produksi sorgum di Indonesia sehingga semua program pengembangan sorgum dapat lebih efisien dan terarah.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Kesimpulan

Sorgum memiliki peranan yang cukup penting dalam pasar sereal dunia dan Asia yang berada pada urutan setelah gandum, padi, jagung, dan barley. Posisi sorgum di pasar dunia didominasi oleh India, Nigeria, Amerika Serikat, China, Ethiopia, Australia, dan Brazil sebagai 10 besar negara produsen sorgum dunia. Indonesia belum berperan dalam pasar sorgum dunia dan Asia karena pengembangan sorgum masih sangat terbatas.

Sebetulnya sorgum sebagai pangan alternatif di Indonesia cukup potensial dikembangkan dalam rangka diversifikasi pangan lokal dan mengurangi ketergantungan terhadap konsumsi terigu sebagai bahan pangan impor. Potensi pengembangan sorgum didukung oleh karakteristik sorgum yang dapat tumbuh baik pada lahan kering dan ketersediaan lahan kering di Indonesia cukup luas.

Pengembangan sorgum masih menghadapi berbagai permasalahan, khususnya terkait dengan aspek teknologi budi daya, pengolahan dan industri, penciptaan pasar dan jaminan harga serta aspek kelembagaan untuk keberlanjutan pengembangan sorgum. Data statistik sorgum yang dapat diakses secara luas untuk keperluan pengembangan sorgum relatif terbatas, yang menunjukkan kurangnya perhatian terhadap pengembangan komoditas ini di Indonesia, baik secara agronomis maupun ekonomis.

Implikasi Kebijakan

Strategi dan kebijakan yang diperlukan bagi pengembangan sorgum pada aspek budi daya adalah pengembangan secara intensif dan skala luas, penyediaan sarana produksi (khususnya benih unggul) secara tepat, khususnya pada daerah-daerah potensial pengembangan sorgum.

Diperlukan pemetaan wilayah sentra produksi sorgum yang meliputi kondisi lingkungan tumbuh, terutama kesuburan dan jenis tanah, dan curah hujan guna menentukan paket teknologi budi daya spesifik wilayah. Untuk aspek teknologi pengolahan dan industri perlu memperbanyak ragam produk olahan dari biji sorgum melalui penerapan teknologi pengolahan hasil yang dapat meningkatkan rasa maupun penampilan, serta teknologi pengemasan untuk meningkatkan nilai jual produk. Untuk aspek ekonomi, perlu memperluas pasar dengan meningkatkan pemanfaatan sorgum bukan hanya sebagai bahan baku produk makanan tradisional melainkan juga sebagai bahan baku industri makanan, bahan baku produk industri lain, dan bahan pakan ternak dan bioetanol. Dari aspek kelembagaan perlu dibangun *networking* dan pengembangan komunitas yang terdiri atas unsur petani selaku pelaksana produksi, pemerintah selaku pemegang kebijakan, lembaga penelitian selaku pengembangan tanaman sorgum/produknya dan industri selaku pelaku bisnis untuk mempercepat dan menjaga keberlanjutan program pengembangan sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas. 2007. Pengembangan tanaman sorgum sebagai basis diversifikasi pangan. Seminar Nasional Apresiasi Pengembangan Sorgum. Kupang Nusa Tenggara Timur, 19-21 Juni 2007. Departemen Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Direktorat Budidaya Sereal.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura. 1996. Prospek sorgum sebagai bahan pangan dan industri pangan. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri, 17-18 Januari 1995. Edisi Khusus Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian No. 4-1996: 2-5.
- FAO Stat 2011. Food and Agriculture Organization. Data base: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Statistical Database on Agriculture.
- FAO Stat 2012. Food and Agriculture Organization. Data base: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Statistical Database on Agriculture.
- Irawan, B. dan N. Sutrisna. 2011. Prospek pengembangan sorgum di Jawa Barat mendukung diversifikasi pangan. Forum Agro Ekonomi 29 (2C).
- Kusmiadi. 2011. Sorgum. <http://riwankusmiadi.ubb.ac.id>. Diunduh 7 Oktober 2013.

- Nedumeran, S. , P. Abinaya, M.C.S. Bantilan. 2013. Sorghum and millets futures in asia under changing socio-economic and climate scenarios. Series Paper Number 2. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. Jurnal Litbang Pertanian 22(4).
- Suarni dan R. Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 21(1):43-47.
- Susilowati, S.H., T.B. Purwantini, D. Hidayat, M. Maulana, Ahmad Makky Ar-Rozi dan R. D.
- Yofa. 2012. Panel petani nasional: dinamika indikator pembangunan pertanian dan perdesaan di wilayah agroekosistem lahan kering berbasis perkebunan. Laporan Penelitian. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Warta IPTEK, 27 September 2012. Potensi tanaman sorgum untuk menopang ketahanan pangan nasional.

Wilayah Penghasil dan Ragam Penggunaan Sorgum di Indonesia

Herman Subagio dan Suryawati
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Upaya peningkatan produksi pangan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang terus meningkat semakin sulit kedepan. Keterbatasan lahan yang sesuai untuk menghasilkan bahan pangan dan perubahan iklim global yang sulit diprediksi merupakan kendala yang dihadapi dalam produksi pangan.

Lahan marginal menjadi alternatif dalam pengadaan produksi pangan dengan berbagai keterbatasan sifat fisik dan kimia tanah. Dalam kondisi demikian, sorgum masih dapat berproduksi. Sorgum sudah lama dikenal petani, namun tidak diusahakan secara intensif karena dinilai sebagai tanaman yang tidak bergengsi (*inferior crops*). Sebenarnya sorgum adalah tanaman serbaguna yang bermanfaat. Sebagai sumber bahan pangan sorgum berada diperingkat kelima setelah gandum, padi, jagung, dan barley. Menurut laporan *U.S. Grain Council* (2005), sorgum merupakan serealia terpenting ketiga di Amerika Serikat. Sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan protein dan nutrisi penting sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan beras.

Nama sorgum berbeda antarnegara, antara lain great millet dan guinea coradi Afrika Barat, kafir corn di Afrika Utara, milo sorgo di Amerika Serikat, kaoliang di Cina, durra di Sudan, chotam di India, cantel di Jawa, dan gandum di Sunda. Sorgum berperan penting sebagai tanaman penghasil pangan, pakan, energi, dan bahan industri lainnya (Sirappa 2003).

Dalam lima tahun terakhir telah terjadi dampak perubahan iklim terhadap produksi pangan yang terus meningkat, sehingga diperlukan pangan alternatif dan diversifikasi pangan. Salah satu sumber pangan alternatif yang layak dikembangkan adalah sorgum. Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan sorgum adalah terbatasnya informasi tentang sorgum. Hingga saat ini usahatani sorgum masih terbatas dan belum diketahui luas pertanaman dan pemanfaatannya.

Dalam tulisan ini dikemukakan sistem produksi, keunggulan komparatif, daerah penghasil utama, ragam penggunaan dan wilayah pengembangan sorgum.

PRODUKSI SORGUM

Sorgum merupakan tanaman semusim yang tergolong mudah dibudidayakan tetapi produksi sorgum hingga kini tergolong tertinggal dibanding padi, jagung, dan sereal lain. Sorgum umumnya diusahakan pada lahan tegal di awal atau akhir musim hujan, sedangkan pada lahan tadah hujan dengan irigasi terbatas, sorgum umumnya ditanam pada akhir musim kemarau.

Luas panen sorgum dalam periode 2005-2011 cenderung terus menurun, tetapi produktivitas dan produksi relatif meningkat (Tabel 1). Luas panen mengalami penurunan rata-rata 1,5% per tahun. Peningkatan luas panen terjadi pada tahun 2011. Pemerintah melalui Badan Usaha Milik Negara (BUMN) berupaya mengembangkan sorgum sebagai pangan, pakan, dan energi alternatif. PTPN XII pada tahun 2013 telah mengembangkan sorgum seluas 1.154 ha dan pada tahun 2014 ditingkatkan menjadi 3.000 ha (Anonimos 2013).

Dalam upaya peningkatan produksi sorgum, Badan Litbang Pertanian hingga tahun 2012 telah melepas 15 varietas sorgum dengan berbagai karakter keunggulan (Tabel 2). Peluang peningkatan produksi melalui peningkatan produktivitas masih terbuka karena hingga sekarang produktivitas sorgum baru mencapai 60% dari potensi hasil yang dapat dicapai. Penyebab rendahnya produksi sorgum adalah penggunaan benih yang tidak bermutu dan pemeliharaan tanaman yang tidak optimal. Varietas Numbu, Kawali, dan Galur Harapan (Citayam) yang dikembangkan di PTPN XII mampu memberi hasil rata-rata 3,6 t/ha.

Sorgum memiliki potensi hasil yang relatif lebih tinggi walaupun dalam kondisi kering. Bila kelembaban tanah pada saat pertumbuhan bukan merupakan faktor pembatas, hasil sorgum dapat mencapai 7 t/ha. Pengujian terhadap koleksi plasma nutfah sorgum memberikan hasil lebih 5 t/ha, baik genotipe berumur genjah maupun berumur dalam (Tabel 3).

Tabel 1. Keragaan luas panen dan produksi sorgum di Indonesia, tahun 2005-2011.

Tahun	Luas panen (ha)	Produktivitas (t/ha)	Produksi (ton)
2005	3.659	1,67	6.114
2006	2.944	1,83	5.399
2007	2.373	1,79	4.241
2008	2.419	1,88	4.553
2009	2.264	2,73	6.172
2010	2.974	1,92	5.723
2011	3.607	2,13	7.695

Sumber: Direktorat Budidaya Serealia (2012)

Tabel 2. Varietas sorgum yang telah dilepas hingga 2012.

Varietas	Dilepas (tahun)	Umur panen (hari)	Hasil (t/ha)
Cempaka	Sebelum 1960	105	3,5
Birdfroof	Sebelum 1960	105	3,5
Katengu	Sebelum 1960	105	3,0
No. 46	1967	105	4,0
No. 6 C	1969	105	4,5
UPCA-S2	1972	105	4,5
UPCA-S1	1972	95	4,0
KD4	1973	95	4,0
Keris	1983	80	3,0
Badik	1985	83	3,0
Hegari Genjah	1985	85	3,7
Mandau	1991	91	4,5
Sangkur	1991	92	3,8
Numbu	2001	100	4,7
Kawali	2001	105	4,7

Sumber: Subandi *et al.* (1988), Kasim dan Djumainah (1993),
Balitsereal (2012)

Tabel 3. Hasil biji tanaman utama dan ratun sorgum pada berbagai umur.KP Bontobili, Gowa, MK 1, 2003.

Genotipe/umur	Hasil biji (kg/ha)		
	Utama (P)	Ratun (R)	Total (P+R)
Genjah (< 85 hari)			
Keris M3	5.987	1.185	7.172
Hegari Genjah	1.600	1.334	2.934
Badik	1.818	1.304	3.122
Sangkur	3.259	1.240	4.499
ICSV 93003	6.082	1.198	7.280
Mandau	2.922	1.530	4.452
Sedang (86-95 hari)			
ICSR 91006	5.135	699	5.834
M1	4.356	1.349	5.705
ICSV 89102	4.932	2.679	7.611
ENTRY(X)ISSDAC	4.743	1.951	6.694
IS23509	5.313	2.415	7.728
Dalam (>95 hari)			
ICSVLM 9051	7.133	1.318	8.451
ICSR 20	5.102	2.473	7.575
SPV 669	4.312	1.279	5.591

Sumber: Setyowati *et al.*(2005)

Tabel 4. Bobot biomas segar sorgum manis. KP Bajeng MK-1, 2013.

Varietas/genotipe	Bobot biomas (t/ha)
1090A	40,1
15011A	44,8
15011B	46,2
15021A	63,4
15105B	41,8
15131B	36,5
4_183A	47,1
5_193C	44,6
Selayar hitam	47,4
Sorgum hitam	34,5
Watar Hammu Putih	53,8
Numbu	45,3

Sumber: Efendi *et al.* (2013)

Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi luas, mulai dari dataran rendah, sedang sampai dataran tinggi. Produksi yang tinggi umumnya diperoleh dari varietas berumur dalam (> 95 hari) dan cocok untuk digunakan sebagai pakan (*forage sorghum*). Produksi biomas tinggi untuk pakandan nira diperoleh dari sorgum manis. Hasil biomas sorgum manis dapat mencapai 34,5-63,4 t/ha (Tabel 4).

Sorgum yang diusahakan di beberapa daerah masih bersifat alternatif dan belum sebagai tanaman utama seperti padi dan jagung. Dalam upaya pengembangan sorgum Direktorat Serealia hingga tahun 2011 telah melakukan *demfarm* untuk usahatani sorgum seluas 180 ha yang tersebar di 15 kabupaten di sembilan provinsi. Pelaksanaan *demfarm* di setiap lokasi yang masing-masing seluas 10 ha bertujuan menerapkan inovasi teknologi dan menggalakkan kembali usahatani sorgum di tingkat petani.

KEUNGGULAN TANAMAN SORGUM

Bagi negara-negara miskin di daerah beriklim kering (*semi-arid*), tanaman sorgum diusahakan sebagai pangan karena tanaman pangan lain tidak mampu berproduksi optimal (Sumarno dan Karsono 1996). Di Indonesia sorgum dapat dikembangkan pada lahan kering marginal, lahan kosong, atau lahan nonproduktif lainnya. Pengembangan sorgum diharapkan dapat meningkatkan produktivitas lahan, diversifikasi pangan, dan berkelanjutan ketahanan pangan. Karakteristik tanaman sorgum yang paling menonjol adalah:

1. Adaptasi cukup luas

Sorgum ditanam diseluruh belahan dunia, tersebar dari 45° Lintang Utara hingga 40° Lintang Selatan. Negara penghasil sorgum terletak di empat benua meliputi Amerika, Afrika, Asia, dan Australia. Selain dapat tumbuh pada lahan marjinal dan toleran terhadap cekaman lingkungan. Daya adaptasi yang luas merupakan keunggulan utama sorgum. Di Indonesia terdapat 19,9 juta ha lahan kering yang dapat dimanfaatkan bagi sorgum (Deptan 2004). Sangat tahan terhadap kekeringan dan toleran terhadap genangan air.

Sorgum cocok dikembangkan di lahan kering karena kebutuhan airnya sedikit. House (1985) melaporkan bahwa untuk menghasilkan 1 kg bahan kering, tanaman sorgum hanya membutuhkan air 322 kg, sedangkan jagung, barley, dan gandum berturut-turut membutuhkan 368 kg, 434 kg dan 514 kg air. Teare dan Peet (1983) melaporkan bahwa tanaman sorgum toleran terhadap kekeringan dan efisien dalam penggunaan air. Kulit batang maupun daun tanaman sorgum memiliki lapisan lilin, sehingga dalam kondisi banjir hingga dua minggu masih mampu menghasilkan biji. Menurut House (1985), tanaman sorgum juga lebih toleran terhadap genangan air, kadar garam tinggi, dan keracunan aluminium.

2. Keragaman genetik tinggi

Tanaman sorgum memiliki tingkat keragaman yang tinggi. Hal ini dapat dibuktikan antara lain dari penampilan fenotipik tanaman berupa umur, tinggi tanaman, warna biji, dan rasa biji sehingga memudahkan pemulia tanaman dalam merakit varietas baru untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhandan agroekologi.

3. Budidaya mudah

Budi daya sorgum tidak rumit seperti padi dan jagung. Benih sorgum dapat tumbuh dengan baik pada berbagai agroekosistem dan tingkat cekaman kekeringan (FAO 2001). Sorgum mampu beradaptasi pada kondisi kekeringan. Secara fisiologis, permukaan daun sorgum yang mengandung lapisan lilin dan sistem perakaran yang ekstensif, *fibrous*, dan dalam cenderung membuat tanaman lebih efisien dalam absorpsi dan pemanfaatan air (laju evapotranspirasi sangat rendah).

4. Risiko gagal panen kecil

Sorgum merupakan tanaman yang proses budidainya mudah dengan biaya yang relatif murah, dapat ditanam secara monokultur maupun tumpangsari, dan produktivitas tinggi. Selain itu tanaman sorgum lebih tahan terhadap hama dan penyakit sehingga risiko gagal relatif kecil (Rahmi 2007).

Tanaman sorgum memiliki kemampuan tumbuh kembali setelah dipanen atau disebut ratun, sehingga akan mengurangi biaya produksi.

5. Komoditas Ekspor

Pada tahun 1950an hingga 1960an, produksi sorgum Indonesia pernah diekspor ke Singapura, Hongkong, Taiwan, Malaysia, dan Jepang untuk digunakan sebagai bahan baku pakan, industri makanan dan minuman (Dirjen PPHP 2012). Ke depan, pengembangan sorgum diharapkan mendapat prioritas untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor.

WILAYAH PENGHASIL SORGUM

Tanaman sorgum sudah dibudidayakan petani di sebagian wilayah Indonesia, baik secara monokultur mampu tumpangsari dan tumpang gilir dengan tanaman semusim yang lain. Budidaya sorgum awalnya untuk mencukupi kebutuhan pangan masyarakat, terutama sebelum tahun 1970 karena kondisi rawan pangan. Program swasembada pangan yang memprioritaskan tanaman padi (beras) berdampak terhadap penurunan areal pertanaman sorgum. Lahan-lahan yang semula digunakan untuk sorgum, dialihkan untuk tanaman padi, jagung, dan kedelai untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional.

Menginjak tahun 1995, prioritas program diarahkan kepada pelestarian swasembada beras, jagung, dan kedelai. Perhatian terhadap komoditas sorgum juga makin menurun sehingga informasi dan data perkembangan komoditas ini sangat terbatas bahkan belum terhimpun pada statistik nasional.

Data dari Biro Pusat Statistik sejak 1973 hingga 1994 menunjukkan bahwa daerah penghasil utama sorgum di Indonesia meliputi Jawa Tengah, Jawa Timur, DI Jogjakarta, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur (Tabel 5).

Tabel 5. Daerah penghasil sorgum di Indonesia hingga 1994.

Provinsi	Tahun	Luas tanam (ha)	Produktivitas (t/ha)	Produksi (ton)
Jawa Tengah	1973-1983	15.309	1,13	17.350
DI. Jogjakarta	1974-1980	1.813	0,37	670
Jawa Timur	1984-1988	5.963	1,76	10.522
Nusa Tenggara Barat	1993-1994	30	1,80	54
Nusa Tenggara Timur	1993-1994	26	1,50	39

Sumber: BPS (1973-1994)

Pada tahun 2012 telah terjadi pergeseran daerah penghasil sorgum. Jika sebelumnya daerah penghasil sorgum berpusat di Pulau Jawa, namun dalam tiga tahun terakhir telah bergeser ke Sulawesi dan Nusa Tenggara. Pergeseran tersebut berkaitan dengan program lahan marjinal di Sulawesi dan Nusa Tenggara.

Hingga 2012/13, luas panen sorgum yang telah divalidasi adalah 26.306 ha. Peningkatan luas panen sorgum berkaitan dengan program PTPN XII di Jawa Timur dan PT Berdikari untuk pengembangan integrasi sorgum-ternak di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara serta pengembangan sorgum untuk bahan baku industri dan ternak di Nusa Tenggara Timur.

Dari total luas panen 26.306 ha pada 2012/13 di sembilan provinsi, 58,3% di antaranya di Nusa Tenggara Timur, diikuti oleh Sulawesi Tenggara 15,2%, Sulawesi Selatan 12,9%, Jawa Timur 8,4% sedangkan provinsi lainnya kurang dari 4%. Pergeseran daerah penghasil utama sorgum dari Pulau Jawa, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan disebabkan oleh persaingan antarkomoditas terutama tanaman semusim, kesesuaian agroekologi, keterbatasan irigasi, dan peluang integrasi sorgum-ternak dan bahan baku industri.

Daerah pengembangan sorgum di Indonesia hingga April 2013 meliputi Nusa Tenggara, Sulawesi, Jawa, dan Sumatera. Luas panen sorgum di Nusa Tenggara mencapai 15.414 ha yang tersebar di tiga kabupaten di Nusa Tenggara Barat dan 14 kabupaten di Nusa Tenggara Timur.

Daerah penghasil sorgum di Nusa Tenggara Barat adalah Kabupaten Dompu, Bima, dan Sumbawa dengan luas 68 ha. Pengembangan sorgum di daerah ini hanya memanfaatkan lahan bera. Sebagian petani menanam sorgum untuk pangan.

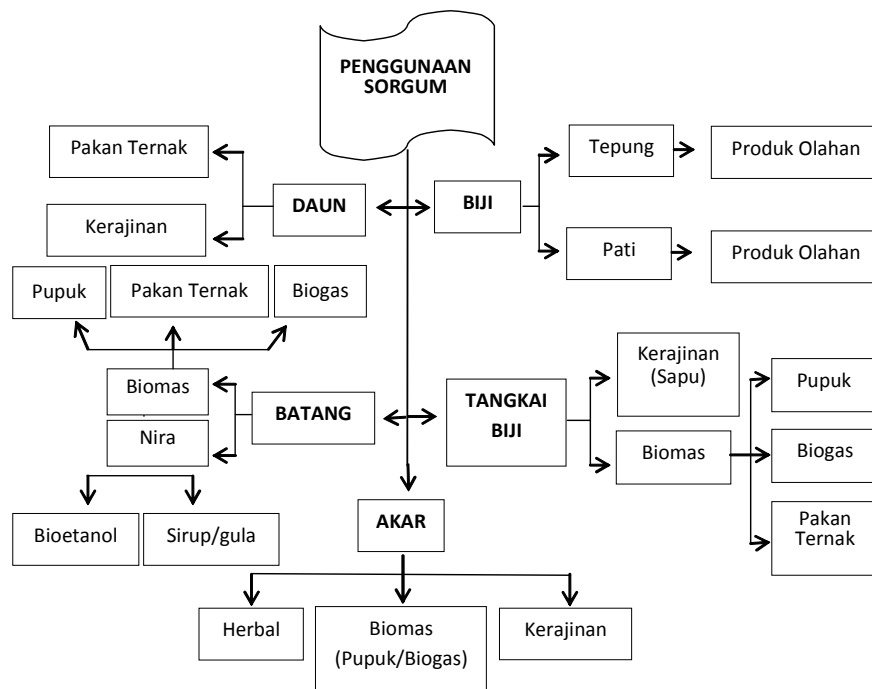
Bagi petani di Nusa Tenggara Timur, sorgum merupakan pangan kedua setelah jagung, diusahakan pada lahan marjinal dengan curah hujan dan irigasi terbatas. Selain itu tanaman sorgum difungsikan sebagai pakan ternak sehingga luas pertanaman di Nusa Tenggara Timur menyebar pada 14 kabupaten, terutama di kabupaten yang memiliki usaha ternak semi intensif. Kabupaten Kupang, Sumba Timur, dan Belu merupakan daerah penghasil utama sorgum di Nusa Tenggara Timur.

Luas panen sorgum di Pulau Jawa hingga tahun 2012 tercatat 3.462 ha. Daerah penghasil sorgum di Pulau Jawa telah bergeser dari Jawa Tengah ke Jawa Timur. Hal ini terutama berkaitan dengan pengembangan sorgum pada lahan produktif oleh PTPN XII. Di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan DI Yogyakarta, sorgum digunakan untuk bahan industri tepung yang dicampur dengan terigu dan campuran ransum pakan ternak.

Pengembangan sorgum di Jawa Timur akan terus meningkat sejalan dengan peluang pasar untuk bahan baku industri (tepung) oleh PT Indofood Tbk. Pengembangan sorgum oleh PTPN XII selain memenuhi produksi kebutuhan campuran terigu untuk tepung bumbu (PT Indofood Tbk) juga diintegrasikan dengan ternak dan bahan industri gula. Wilayah penghasil sorgum yang merupakan pengembangan rintisan integrasi dengan ternak dapat dijumpai di Kabupaten Sidrap dan Konawe Selatan di Sulawesi, dan Kabupaten Lampung Selatan.

RAGAM PENGGUNAAN TANAMAN SORGUM

Sorgum termasuk tanaman multiguna. Biji, tangkai biji, daun, batang dan akar sorgum dapat dimanfaatkan sebagai produk utama (langsung) maupun turunan. Produk utama sorgum adalah biji, daun, dan batang. Biji sorgum memiliki kandungan tepung dan pati yang potensial. Daun sorgum digunakan untuk pakan ternak. Batang sorgum terutama sorgum manis memiliki kandungan nira yang dapat digunakan sebagai bahan baku gula dan bioethanol (Gambar 1).



Gambar 1. Ragam penggunaan sorgum.

Beberapa produk turunan yang dapat dihasilkan dari tanaman sorgum antara lain gula, bioetanol, kerajinan tangan, pati, biomas dan lain-lain. Produk lain yang dapat dikembangkan dari keseluruhan bagian tanaman sorgum adalah biomass. Kelobot sorgum yang disebut *hermada* adalah malai yang telah diambil bijinya digunakan untuk bahan sapu yang diekspor ke Jepang. Batang, daun, dan akar merupakan potensial dikembangkan sebagai biomas.

Pangan

Potensi sorgum sebagai bahan pangan cukup besar, terutama untuk substitusi pangan pokok beras maupun terigu. Biji sorgum memiliki kandungan nutrisi dan kalori cukup tinggi sehingga bila digunakan sebagai bahan makanan diperlukan pengolahan lebih lanjut seperti penyosohan atau perendaman. Widowati *et al.* (2009) telah mengembangkan teknologi produksi tepung sorgum yang dapat menurunkan kandungan tanin hingga 78% dengan cara disosoh dan direndam dalam larutan Na₂CO₃. Kandungan nutrisi sorgum lebih tinggi dibanding bahan pangan lain, sehingga sering digunakan sebagai substitusi bahan pangan untuk produk olahan, terutama berbasis beras maupun terigu.

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak tersentuh, masih terbatas sebagai sumber karbohidrat dalam diversifikasi pangan (Suarni 2004). Padahal sorgum mengandung serat pangan yang dibutuhkan tubuh (*dietary fiber*) untuk pencegahan penyakit jantung, obesitas, hipertensi, menjaga kadar gula darah, dan pencegahan kanker usus. Serat pangan berfungsi mengikat asam empedu sehingga menurunkan kadar kolesterol darah. Beberapa senyawa fenolik sorgum diketahui memiliki aktivitas antioksidan, antitumor dan dapat menghambat perkembangan virus sehingga bermanfaat bagi penderita penyakit kanker, jantung, dan HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) (Dicko *et al.* 2006). Sorgum memiliki kandungan gluten dan indeks glikemik (IG) yang lebih rendah sehingga sesuai untuk diet gizi khusus (Suarni dan Herman 2013).

Beberapa produk olahan makanan dari sorgum antara lain: (1) roti-rotianseperti chapati, bolu, tortila, injera, kisia, dosai, (2) buburtuwu, ugali, bagobe, sankati, ogi, ugi, ambili, edi, (3) camilan berupa pop sorgum, tape, emping, (4) sorgum rebusseperti urap sorgum, som, dan (5) bentuk kukusan misalnya couscous, wowoto, dan juadah sorgum.

Pakan

Penggunaan biji sorgum dalam ransum pakan ternak bersifat suplemen (substitusi), karena memiliki kandungan nutrisi hampir samadengan jagung. Biji sorgum hanya digunakan dalam jumlah terbatas karena berpengaruh

terhadap fungsi asam amino dan protein. Penggunaan biji sorgum untuk ransum pakan harus mempertimbangkan kandungan tanin kurang dari 0,5%. Hasil penelitian Balitnak (2006) menyimpulkan bahwa kandungan tanin di atas 0,5% dapat menekan pertumbuhan ayam dan bila mencapai 2% dapat menyebabkan kematian.

Biji sorgum dengan kandungan tanin kurang 0,5% dapat digunakan sebagai ransum pakan ayam hingga proporsi 30-60% dan tidak mempengaruhi produksi telur dan bobot ayam.

Limbah sorgum (daun dan batang segar) dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak. Potensi daun sorgum manis 14-16% dari bobot segar batang atau sekitar 3 ton daun segar/ ha dari total produksi 20 t/ha. Setiap hektar tanaman sorgum dapat menghasilkan jerami 2,62 ton bahan kering. Konsumsi rata-rata setiap ekor sapi adalah 15 kg daun segar/hari (Edy 2011).

Pemberian secara langsung daun sorgum pada ternak harus melalui proses pelayuan terlebih dahulu sekitar 2-3 jam. Nutrisi daun sorgum setara dengan rumput gajah dan pucuk tebu. Kandungan nutrisi limbah sorgum tidak berbeda nyata dengan jerami jagung dan pucuk tebu (Balitnak 2006).

Bahan Industri

Biji sorgum memiliki kandungan pati 65-71% yang dapat dihidrolisis menjadi gula atau glukosa cair atau sirup fruktosa. Gula yang diperoleh dari biji sorgum dapat diproses lebih lanjut melalui fermentasi untuk menghasilkan alkohol.

Secara umum biji sorgum dapat menghasilkan 384 liter alkohol/ton biji. Pembuatan alkohol terutama dari biji sorgum yang berkualitas rendah atau berjamur. Selain biji, alkohol dapat juga dibuat dari nira sorgum yang terdapat dalam batang. Kualitas nira sorgum manis setara dengan nira tebu. Kandungan amilum dan asam akonitat yang relatif tinggi merupakan salah satu masalah dalam proses kristalisasi nira sorgum sehingga gula yang dihasilkan berbentuk cair. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) dapat menurunkan kandungan amilum sampai 50% dari kadar awal menggunakan *Amylum Separator*.

Biji sorgum juga dapat dibuat pati (*starch*) berwarna putih untuk digunakan dalam berbagai industri, seperti perekat, bahan pengental, dan aditif pada industri tekstil. Limbah pati dapat pula digunakan sebagai pakan ternak. Pati merupakan bahan utama berbagai produk olahan pangan, berperan sebagai penentu struktur, tekstur, konsistensi, dan penampakan produk pangan.

Produk industri penting dari biji sorgum adalah bahan baku bir. Selama dekade terakhir, di Afrika Selatan dan beberapa lainnya, biji sorgum dapat menggantikan barley dalam pembuatan bir (Edy 2011). Sifat kimia penting biji sorgum dalam pembuatan bir adalah aktivitas diastatik, alfa-amino nitrogen, dan total nitrogen yang dapat larut. Namun, konsentrasi amilopektin yang tinggi dalam pati sorgum menyebabkan pati sulit dihidrolisis. Aktivitas diastatik yang tinggi dapat meningkatkan fraksi albumin-globulin protein, sehingga albumin dan alfa-amino protein dapat digunakan untuk rasa, stabilitas busa, dan kepekaan dingin bir.

PENUTUP

Telah terjadi pergeseran wilayah penghasil utama sorgum dari Jawa ke luar Jawa (Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi). Hal ini disebabkan selain terdesak oleh tanaman semusim yang lebih menguntungkan juga karena kesesuaian agroekologi sorgum dan pemanfaatan lahan-lahan marginal di luar Jawa.

Peningkatan luas panen sorgum disebabkan oleh pengembangan penggunaan yang semula berorientasi pangan menjadi pakan ternak dan bahan baku industri. Usahatani sorgum sebaiknya tidak lagi dikelola secara konvensional tetapi lebih mengarah kepada agroindustri.

Tantangan pengembangan sorgum adalah rekayasa dan penguatan kelembagaan yang meliputi sistem produksi, penanganan pascapanen, dan pemasaran hasil. Diperlukan sosialisasi intensif sistem usahatani produksi dan agroindustri berbasis sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2013. PTPN XII perluas pertanaman sorgum. <http://www.antaraneews.com/berita>. Diakses Sabtu, tanggal 9 Februari 2013. Maros.
- Anonimus. 2013. Sorgum potensial dikembangkan di daerah-daerah kering di Indonesia <http://www.peluangusaha.kontan.co.id>. Diakses tanggal 3 April 2013. Maros.
- Anonimus. 2013. Harga bbm naik, sorgum alternatifnya. <http://www.yahoo.id.berita.yahoo.com>. Diakses tanggal 18 Juni 2013. Maros.
- Arifin, S. 2012. Pemerintah Provinsi Jawa Timur mengembangkan gula sorgum. <http://www.m.aktual.co.id>. Diakses tanggal 8 Desember 2012. Maros.

- Balitnak. 2006. Potensi sorgum sebagai sumber pakan ternak. Pusat Penelitian dan Pengembangan Ternak. Bogor.
- Biro Pusat Statistik. 2002. D. I. Jogjakarta dalam angka 1985-2001. Biro Pusat Statistik. Jogjakarta.
- Biro Pusat Statistik. 2003-07. Jawa Timur dalam angka 2006. Biro Pusat Statistik. Surabaya.
- Biro Pusat Statistik. 2004. Jawa Timur, Jawa Tengah, DIY, NTB dan NTT periode 1973-1994. Jakarta.
- Biro Pusat Statistik. 2004. Jawa Tengah dalam angka 1994-2003. Biro Pusat Statistik. Semarang.
- Biro Pusat Statistik. 2007. Jawa Timur dalam angka 2003-06. Biro Pusat Statistik. Surabaya.
- Bisnis Indonesia. 2013. PTPN XII panen sorgum, Fortuna Agrindo Serap 1.060 ton dengan harga 2200/kg. Bisnis Indonesia Tanggal 13 Juli 2013. Surabaya.
- Deptan. 2004. Program pengembangan tanaman sorgum. Makalah Sosialisasi Pengembangan Agribisnis Sorgum dan Hermada. Jakarta, 10-11 Okt.
- Dicko, M. H. , H. Gruppen, A. S. Traore, A. G. J. Voragen, and W. J. H. Van Berkel. 2006. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorgum for food use. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 1(1).
- Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Timur. 2011. Keadaan areal tanam, panen, produktivitas dan produksi padi dan palawija tahun 2010. Diperta Provinsi NTT. Kupang.
- Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Timur. 2012. Keadaan areal tanam, panen, produktivitas dan produksi padi dan palawija tahun 2011. Diperta Provinsi NTT. Kupang.
- Dinas Pertanian Kabupaten Lamongan. 2013. Tanaman sorgum di Indonesia sudah lama dikenal tetapi pengembangannya tidak sebaik padi dan jagung. <http://www.lamongankab.go.id>. Diakses tanggal 12 April 2013. Maros.
- Direktorat Budidaya Sereal. 2013. Kebijakan direktorat jenderal tanaman pangan dalam pengembangan komoditas jagung, sorgum dan gandum. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Kementan RI. Jakarta.
- Dirjen PPHP. 2012 Peluang agribisnis menjadi sumber devisa negara yang utama. <http://www.agribisnis.net>.

- Edy, S. 2011. Aspek budidaya, prospek, kendala dan solusi pengembangan sorgum di Indonesia. <http://edysof.wordpress.com>. Diakses tanggal 18 April 2013.
- Efendi, R. M. Aqil dan M. Pabendon. 2013. Evaluasi genotipe sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produksi biomas dan daya ratun tinggi. Jurnal Tanaman Pangan No. 32.
- FAO. 2001. Crop water management sorghum. Land and Water Development Division (www.fao.org).
- House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India.
- Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Agroforestry. 2013. ELPAF Jakarta siap bantu memasarkan hasil panen sorgum warga Timor Tengah NTT. <http://www.regional.kompas.com>. Diakses tanggal 14 Maret 2013. Maros
- Rahmi, Syuryawati, dan Zubachtirodin. 2007. Teknologi budidaya sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Setyowati, M., Hadiatni, dan Sutoro. 2005. Evaluasi pertumbuhan dan hasil plasma nutfah sorgum (*Sorghum vulgare* (L.) Moench.) dari tanaman induk dan ratun. Buletin Plasma Nutfah 11(2).
- Sirappa, M. P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. Jurnal Litbang Pertanian 22(4).
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 23(4):145-151.
- Suarni dan Herman Subagio. 2013. Potensi pengembangan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. Dalam proses.
- Sumarno dan S. Karsono. 1996. Prospek tanaman sorgum untuk pengembangan agroindustri. Risalah Simposium. Edisi Khusus Balitkabi No. 4. Malang.
- Supriyanto. 2010. Pengembangan sorgum di lahan kering untuk memenuhi kebutuhan pangan, pakan, energi dan industri. Simposium Nasional 2010: Menuju Purworejo Dinamis dan Kreatif Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, SEAMEO – BIOTROP, Bogor.
- Soeranto, H. 2002. Prospek dan potensi sorgum sebagai bahan baku bioetanol. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Jakarta.

- U. S. Grain Council. 2005. White sorghum, the new food grain. All about white sorghum.
- Wasito. 2005. Proses pembuatan etanol. <http://www.suaramerdeka.co.id>. Diakses tanggal 17 Nopember 2012. Makassar.
- Widowati, S. 2011. Sorgum: penanganan dan pengolahan berbagai produk pangan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Widowati, S., B. A. S. Santoso, S. Lubis, H. Herawati, dan R. Nurdjanah. 2009. Peningkatan mutu penyosohan (80%) dengan kandungan tanin turun hingga 1% dalam tepung sorgum dan pengembangan produk sorgum instan. Laporan Hasil Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Teare, I. D. and M. M. Peet. 1983. Crop water relations: sorghum. John Willey and Sons. Singapore.

Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum

R. Neni Iriany M dan A. Takdir Makkulawu
Balai Penelitian Tanaman Serealia

ASAL USUL DAN SEJARAH

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman asli tropis Ethiopia, Afrika Timur, dan dataran tinggi Ethiopia dianggap sebagai pusat utama domestikasi sorgum (Vavilov 1926). Tanaman ini sudah lama dikenal sebagai penghasil bahan pangan dan dibudidayakan di daerah kering di beberapa negara Afrika. Dari Ethiopia sorgum menyebar ke Afrika Timur dan Afrika Barat, kemudian menyeberang ke Sudan, pertama kali ditanam oleh kelompok masyarakat *Mande* yang berasal dari Niger. Penyebaran sorgum di Afrika Timur dilakukan oleh kelompok masyarakat *Nilotic* (*Nilotes*) dan *Bantu* (*Bantu people*). Dari benua Afrika, sorgum kemudian menyebar ke daerah tropis dan subtropis seperti India dan China (De Wet and Harlan 1971).

Sorgum yang menyebar ke India diperkirakan berasal dari Afrika Timur dan kemudian menyebar ke China. Ras sorgum di India terkait erat dengan ras sorgum yang ditanam di Afrika Timur Laut (Clark 1959). Penyebaran sorgum mencapai Botswana pada abad ke-10, Zambia pada abad ke-14, dan Afrika Selatan pada abad ke-16. Tanaman sorgum juga menyebar melewati Asia Selatan hingga mencapai Cina pada abad ke-13 (Hagerty 1941). Dari Afrika Barat, sorgum menyebar ke benua Amerika melalui perdagangan budak sekitar pertengahan abad ke-19. Sebelum tahun 1900, budidaya sorgum telah dimulai secara besar-besaran di dataran Amerika Serikat bagian selatan. Di Indonesia, sorgum dibawa oleh kolonial Belanda pada tahun 1925, tetapi perkembangannya baru terlihat pada tahun 1940-an (Yusro, 2001).

Menurut Martin (1970), asal dan budidaya sorgum tidak diketahui dengan pasti. Sorgum mungkin merupakan salah satu tanaman yang pertama kali didomestikasi dalam sejarah umat manusia, karena merupakan tanaman penting di dunia jauh sebelum abad pertama (Leonard and Martin 1963). De Wet *et al.* (1970) memperkirakan sorgum memiliki tetua asal yang banyak, kemungkinan besar berasal dari *Sorghum verticilliflorum*. Dari genus yang sama, *S. arundinaceum* merupakan rumput asli hutan tropis. *S. aethiopicum* dan *S. virgatum* banyak ditemukan di daerah gurun. Habitat tersebut bukan merupakan habitat utama sorgum sehingga kontribusinya bagi domestikasi sorgum sangat kecil. Lain halnya dengan *S. verticilliflorum*, yang paling banyak ditemukan di wilayah pertanian sorgum. Terdapat berbagai

macam *S. verticilliflorum* dan spesies liar lainnya yang dapat disilangkan dengan sorgum budi daya (Smith 2000).

Tanaman sorgum memiliki adaptasi yang luas, toleran terhadap kekeringan sehingga menyebar ke seluruh dunia. Negara penghasil utama sorgum adalah Amerika, Argentina, China, India, Nigeria, dan beberapa negara Afrika Timur, Yaman, dan Australia. Di Indonesia, tanaman sorgum menyebar di beberapa wilayah yang iklimnya cocok untuk pembudidayaannya.

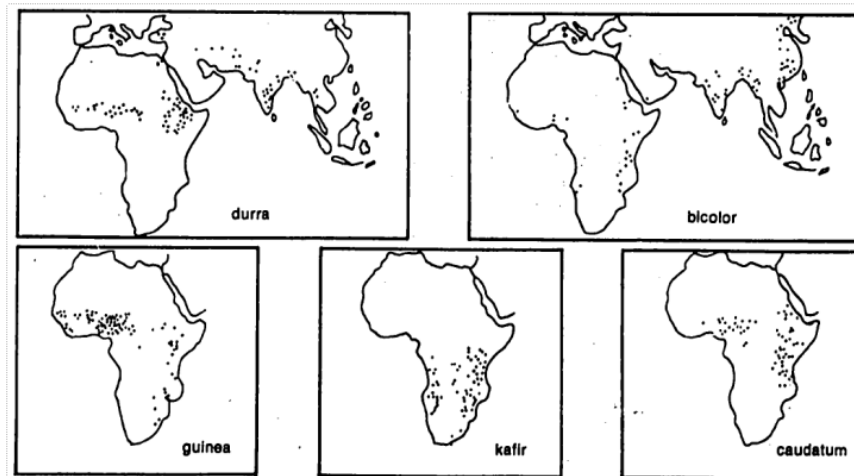
InternationalCrop Research Institute for Semi Arid Tropics (ICRISAT) adalah lembaga internasional yang mempunyai mandat untuk melakukan penelitian dan pengembangan sorgum. Jumlah aksesori sorgum yang terdapat di bank gen ICRISAT saat ini mencapai 36.774 aksesori yang berasal dari 91 negara (Reddy *et al.* 2006). Dari keseluruhan aksesori plasma nutfah sorgum di dunia, 47.963 aksesori diantaranya disimpan di bank gen di Asia termasuk India dan China, dan sebanyak 31.200 aksesori disimpan di bank gen di Afrika. ICRISAT melakukan deskripsi asal usul dan distribusi ras sorgum yang dapat digunakan sebagai informasi tentang kebenaran hipotesis asal usul sorgum di Ethiopia. Sorgum merupakan tanaman pangan penting kelima di dunia setelah padi, gandum, jagung, dan barley (Reddy *et al.* 2006).

Tanaman sorgum tumbuh tegak dengan tinggi 0,5m-4,5 m, bergantung pada kultivar. Keragaman morfologis sorgum tidak hanya pada tinggi batang, tetapi juga pada warna biji, warna batang, bentuk malai, umur panen, dan sifat fisiologis yang sebagian menyilang (*party cross-pollination*) yang menjadikan sorgum memiliki keragaman yang tinggi.

AWAL PENYEBARAN TANAMAN SORGUM

Sorgum strain *durra* menyebar dari Ethiopia melewati Sungai Nil menuju kearah timur dan menyeberang ke India, kemudian ke Thailand. Di wilayah Arab, sorgum *durra* mulai diperkenalkan pada masa pemerintahan Sabian (1.000-800 tahun sebelum masehi), kemudian menyebar ke timur melalui rute perdagangan lewat darat maupun laut melalui semenanjung Arab sampai ke Cina (Snowden 1936). Sorgum kemungkinan masuk ke India melalui jalur laut dan darat. Catatan sejarah menunjukkan penanaman sorgum di India dimulai pada awal abad masehi, setelah tanaman *barley*, dengan nama yang diambil dari bahasa sansekerta, yaitu yavanala yang berarti biji alang-alang (House 1985).

Keberadaan sorgum berdasarkan hasil penggalian/eksavasi di wilayah timur India terindikasi datangnya agak belakangan di daerah tersebut. Kemungkinan sorgum di introduksikan bersamaan dengan masuknya



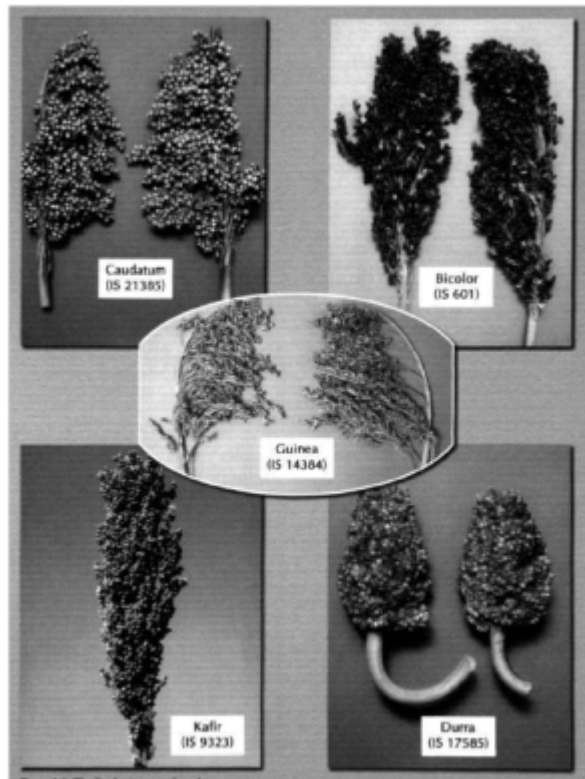
Gambar 1. Penyebaran lima ras utama sorgum di dunia (House 1985).

sorgum di Italia. Pliny *dalam* House (1985) menduga bahwa sekitar tahun 60-70 masehi tanaman sorgum pertama kali masuk ke Italia melalui India. Fakta lain menunjukkan bahwa *Sorghum bicolor* diintroduksi ke Cina dari India pada abad k-3. Keberadaan sorgum *durra* di Korea dan beberapa propinsi di Cina menunjukkan bahwa tanaman ini sudah diintroduksi pada jaman kuno melalui rute perdagangan sutra dari India (House 1985).

Keberadaan sorgum di Amerika relatif baru. Tanaman ini pertamakali diintroduksi di Amerika pada tahun 1857, dan telah digunakan secara besar-besaran sejak tahun 1900 untuk membuat sirup (Dogget 1965). Sekarang tanaman sorgum sangat penting di sejumlah negara, terutama untuk pakan ternak. Di Amerika Tengah dan Amerika Selatan, tanaman ini ditanam secara luas sejak tahun 1950.

KLASIFIKASI SORGUM

Proses evolusi dan seleksi alamiah serta campur tangan manusia dalam seleksi tanaman telah menghasilkan lima ras sorgum yang dibedakan berdasarkan karakteristik bentuk biji, bulir serta malai (ICRISAT 2002). Kelima ras tersebut (Gambar 1) adalah *bicolor*, *guinea*, *caudatum*, *kafir*, dan *durra*. Ras *bicolor* adalah ras dengan tipe morfologi yang paling primitif dengan susunan bulir yang terbuka pada malai (Gambar 2). Ras ini secara morfologi menyerupai padi dan banyak terdapat di Afrika dan Asia. Sebagian

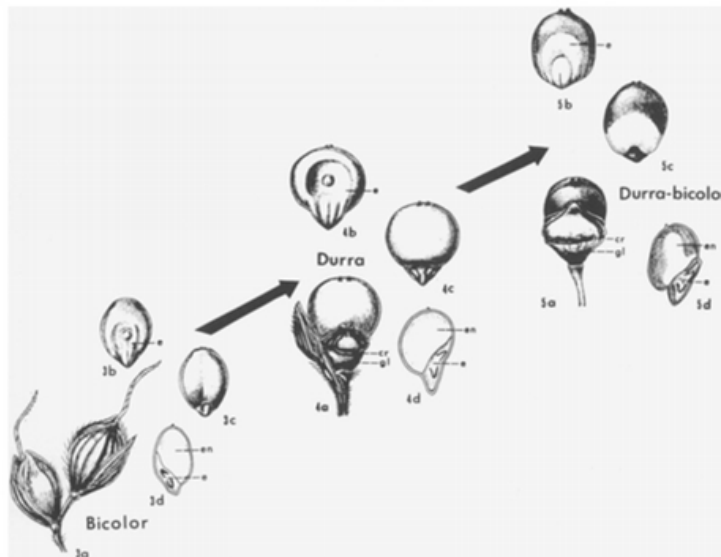


Gambar 2. Bentuk malai dan bulir dari lima ras sorgum: 1. *Bicolor*, 2. *Caudatum*, 3. *Durra*, 4. *Guinea*, 5. *Kafir* (ICRISAT 2000).

ras ini juga mempunyai batang yang manis sehingga dapat diolah menjadi sirup atau molasses.

Ras *caudatum* mempunyai karakteristik biji yang tertutup seperti kura-kura, dimana pada satu sisi datar, sisi lainnya berbentuk kurva. Bentuk bulir bervariasi dan umumnya tidak simetris (House 1985). Ras ini banyak terdapat di Afrika, khususnya Chad, Sudan, Uganda, dan Nigeria. Ras *durra* bentuk bulirnya bulat pada bagian atas dan bagian dasar menyempit. Ras ini banyak dijumpai di Asia Barat, sebagian India dan Afrika (Harlan and De Wet 1972). Ras ini paling banyak dieksplorasi gennya untuk perbaikan sifat genetik sorgum.

Ras *guinea* mempunyai karakteristik bulir yang tersusun dalam jumlah yang banyak dan terbuka. Biji bulat melebar dengan glume yang relatif lebih sama panjang. Ras ini banyak dijumpai di Afrika Barat dan Malawi. Ras ini banyak dibawa sebagai bekal berlayar pelaut Afrika karena tahan disimpan



Gambar 3. Proses evolusi ras sorgum *bicolor* dengan ras *durra* yang menghasilkan ras intermediet *durra-bicolor* (Smith *et al.* 2000)

dalam waktu yang lama. Ras *kafir* mempunyai karakteristik bulir yang kompak dan berbentuk silinder. Malai memanjang dan agak kompak, tandan cenderung tegak mendekati poros malai. Ras ini merupakan makanan pokok penduduk di negara-negara beragroekologi savanna, seperti Tanzania, Afrika Selatan, dan sejumlah negara lainnya di Afrika (House 1985).

Proses evolusi kelima ras sorgum kemudian menghasilkan 10 kombinasi ras intermediet atau variasi ras, yaitu 1. *guinea-bicolor*, 2. *caudatum-bicolor*, 3. *kafir-bicolor*, 4. *durra-bicolor*, 5. *guinea-caudatum*, 6. *guinea-kafir*, 7. *guinea-durra*, 8. *kafir-caudatum*, 9. *durra-caudatum*, dan 10. *kafir-durra* (House 1985). Proses evolusi ras *durra-bicolor* disajikan pada Gambar 3. Ras *bicolor* dengan tipe biji kecil dan terbungkus oleh glume yang panjang yang berevolusi dengan *durra* yang mempunyai karakteristik tidak terdapat glume pada bagian bawah dan ukuran glume atas yang lebar. Hasilnya, ras *durra-bicolor* dengan karakteristik bentuk biji agak elips dengan glume pada salah satu atau kedua sisinya (Smith *et al.* 2000).

TAKSONOMI SORGUM

Sorgum mempunyai nama umum yang beragam, yaitu sorgum di Amerika Serikat dan Australia, *durra* di Afrika, *jowar* di India, *bachanta* di Ethiopia

(FAO 2007), dan *cantel* di Jawa. Catatan sejarah menunjukkan bahwa yang pertama kali melakukan deskripsi tertulis tentang klasifikasi sorgum adalah Pliny (House 1985). Namun sangat sedikit catatan tertulis tentang sorgum sampai abad ke 16, meskipun ada juga catatan seperti yang dibuat oleh Crescenzi pada tahun 1305 yang menyebutkan tanaman mirip sorgum. Ruel (1537) mendeskripsikan sorgum sebagai *Milium saracenaceum*, sedangkan Fuchs (1542), Tragus (1552) Lobel (1576) dan Dodoens (1583) menggunakan nama sorgum. Mathioli (1598) dalam House (1985) memberikan ilustrasi sorgum sebagai *Milium indicum* Pliny. Setelah periode tersebut, penelitian dan publikasi tentang sorgum mengalami peningkatan dan berkontribusi dalam penyusunan sistem taksonomi sorgum jaman modern.

Di antara semua catatan sejarah klasifikasi taksonomi sorgum, sistem klasifikasi yang dibuat oleh Snowden (1936, 1955) adalah yang paling lengkap dan memberikan kontribusi yang sangat besar, bahkan masih dimanfaatkan oleh ahli biologi di dunia saat ini. Snowden mendeskripsikan 31 spesies yang dibudidayakan dan 17 spesies liar. Sistem klasifikasi yang dibuat oleh Snowden kemudian diperbaiki oleh De Wet (1970) yang mendeskripsikan bermacam-macam grup sorgum berikut distribusinya pada tahun 1970-an. Setelah melalui studi sistematika biologi tanaman, De Wet memperbaiki sistem klasifikasi sebelumnya dengan memasukkan lima bagian dari sorgum, yaitu *Stiposorghum*, *Parasorghum*, *Sorghum*, *Heterosorghum* dan *Chaetosorghum*.

Hierarki taksonomi tanaman sorgum adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Class : Monocotyledoneae
Ordo : Poales
Family : Poaceae
Sub family : Panicoideae
Genus : Sorghum
Species : bicolor

Sorgum termasuk kelas *Monocotyledoneae* (tumbuhan biji berkeping satu) dengan subclass: *Liliopsida*; ordo *Poales* yang dicirikan melalui bentuk tanaman terjal dengan siklus hidup semusim; famili *Poaceae* atau *Gramineae*, yaitu tumbuhan jenis rumput-rumputan dengan karakteristik batang berbentuk silinder dengan buku-buku yang jelas, dan genus *Sorghum* (Tjitrosoepomo 2000). Sorgum merupakan tanaman sereal yang termasuk ke dalam famili *Poaceae* dan tribe *Andropogon* (Doggett 1988, Wikipedia 2013).

VARIASI SPESIES SORGUM

Tanaman sorgum setidaknya memiliki kerabat 30 spesies (Tabel 1), Data wikipedia sorgum menunjukkan, diantara spesies-spesies tersebut, yang paling banyak dibudidayakan adalah spesies *Sorghum bicolor* (Moench).

Di antara 30 spesies sorgum, terdapat spesies asli Asia dan Australia, yaitu *Sorghum timorense* (*Down sorghum*) yang merupakan rumput asli pulau Timor dan Australia (Queensland, Kimberley dan Pilbara). *Sorghum timorense* di Pulau Timor dikenal dengan nama rumput kume dan merupakan salah satu sumber pakan utama untuk ternak sapi di NTT. Rumput kume bersifat tanaman tahunan, tumbuh cepat selama musim hujan (November s/d April), cepat menua dan berbunga serta berbiji, mengering sebagai rumput kering (*standing hay*) di lapangan jika tidak dipanen.

Diantara spesies sorgum yang ada, yang umum dibudidayakan meliputi tiga spesies, yaitu *Sorghum helepense* (L.) Pers. ($2n=4x-40$), *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchc. ($2n = 2x = 20$), dan *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ($2n = 2x = 20$) (De Wet *et al.* 1970). Dari ketiga spesies tersebut, yang sangat populer dan menjadi tanaman komersial di dunia adalah *Sorghum bicolor* (Moench). Penyebaran spesies ini meliputi berbagai negara di dunia yang dibudidayakan untuk pangan, pakan, dan bahan baku industri (House 1985).



Gambar 4. Tanaman *Sorghum timorense* (sumber florabase).

Tabel 1. Kerabat spesies sorgum.

No	Spesies	No	Spesies
1	<i>Sorgum almum</i>	16	<i>Sorgum matarankense</i>
2	<i>Sorgum amplum</i>	17	<i>Sorgum macrospermum</i>
3	<i>Sorgum angustum</i>	18	<i>Sorgum leiocladum</i>
4	<i>Sorgum arundinaceum</i>	19	<i>Sorgum laxiflorum</i>
5	<i>Sorgum bicolor</i>	20	<i>Sorgum intrans</i>
6	<i>Sorgum vulgare var. technicum</i>	21	<i>Sorgum interjectum</i>
7	<i>Sorgum verticilliflorum</i>	22	<i>Sorgum halepense</i>
8	<i>Sorgum versicolor</i>	23	<i>Sorgum grande</i>
9	<i>Sorgum trichocladum</i>	24	<i>Sorgum exstans</i>
10	<i>Sorgum timorense</i>	25	<i>Sorgum ecarinatum</i>
11	<i>Sorgum stipoides</i>	26	<i>Sorgum burmahicum</i>
12	<i>Sorgum purpureosericeum</i>	27	<i>Sorgum bulbosum</i>
13	<i>Sorgum propinquum</i>	28	<i>Sorgum brachypodium</i>
14	<i>Sorgum plumosum</i>	29	<i>Sorgum verticitorum</i>
15	<i>Sorgum nitidum</i>	30	<i>Sorgum vulgare</i>

Sumber: Wikipedia(2013)

Sorghum halepense mempunyai bermacam-macam nama, diantaranya *Johnson grass* di Amerika Serikat dan Afrika Selatan, Grama di China, *Sorgo de Alepo* di Peru, Aleppo Grass di Afrika Selatan dan Don Carlos di Kuba. Tanaman ini memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap kekeringan. Penampakan tanaman cukup gemuk dengan tinggi mencapai 200 cm. Sistem perakaran muncul di bawah node di atas tanah. Tulang daun lurus dan berwarna putih. Bulir berpasangan, yang satu sesil yang lainnya pedikel.

Sorghum propinquum (Kunth) Hitchc. ($2n = 2x = 20$) adalah jenis tanaman rhizomatous (perennial) sama dengan *Sorghum halepense*. Spesies ini banyak ditemui di Asia Selatan (India Selatan, Srilangka) sebelah timur Myanmar, dan kepulauan di wilayah Asia Tenggara.

Sorghum bicolor, kadang-kadang disebut sorgum, durra, jowari atau milo adalah spesies yang ditanam khusus untuk produksi biji, yang digunakan sebagai bahan pangan, pakan, dan etanol. Spesies ini banyak ditanam di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini merupakan tanaman tahunan dengan tinggi sampai 4 m. Biji berukuran kecil dengan kisaran diameter 3-4 mm. Sorgum manis digunakan untuk produksi etanol, sirup, dan molasses.

Menurut Purseglove (1988) terdapat lima jenis sorgum berdasarkan penggunaannya:

1. Sorgum yang ditanam untuk hasil biji (*grain sorghum*)
2. Sorgum untuk pakan ternak, berupa jerami dan silase



Gambar 5. Spesies *Sorghum helepense* (L.) (Sumber: USDA 2002).



Gambar 6. Spesies *sorghum propinquum* (Taiwan Genetic Resources Agency).



Gambar 7. Biji sorgum bicolor (Sumber: USDA 2001).

3. Sorgum rumput adalah sorgum liar, misalnya rumput sudan
4. Sorgum sapu yang digunakan untuk sapu
5. Sorgum waxy memiliki endosperm lilin dan digunakan untuk bahan dasar pati

Sorgum banyak ditanam pada daerah semiarid tropis dan subtropis. Tanaman ini merupakan tanaman hari pendek dan membutuhkan temperatur tinggi untuk dapat tumbuh dan memberi hasil tinggi. Kondisi yang optimum untuk penanaman sorgum adalah daerah dengan suhu 20-30°C dengan kelembaban rendah dan curah hujan 400-600 mm (Dicko *et al.* 2006). Sorgum dapat ditanam pada berbagai agroekologi, baik pada tanah masam, tanah salin, tanah alkalin, maupun pada lahan kering (Doggett 1988).

DAFTAR PUSTAKA

- Clark, J.C. 1959. The prehistory of Southern Africa. Penguin Books Harmondsworth, Middksex, England.
- De Wet, J.M.J. and J.P. Huckabay. 1967. Origin of *Sorghum bicolor* II. Distribution and domestication. *Evolution* 21(4):787-802.
- De Wet, J.M.J. and J.R. Harlan. 1971. The origin and domestication of *Sorghum bicolor* (L) Moench. *Economic Botany* 25:128-135.

- De Wet, J.M.J., J.R.Harlan, and E.G. Price.1970. Origin of variability in the Spontanea complex of Sorghum bicolor. American Journal of Botany 57(6):704-707.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traoré, A.G.J. Voragen, and W.J. H. Van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. African J. of Biotechnology 5(5):384-395.
- Doggett, H. 1965a. The development of the cultivated sorghums.Pages 50-69 in Essays on crop plant evolution (eds.) J.B. Hutchinson *et al.* London: Cambridge University Press.
- Doggett, H. 1965b. Disruptive selection in crop development. Nature 206 (4981):279-280.
- Doggett, H. 1988. Sorghum, 2nd ed. Longman Scientific & Technical, Burnt Mill, Harlow, Essex, England; John Wiley & Sons, New York.
- FAO.2007. Sorghum bicolor Moench. Available online at <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/data/pf000319.htm>
- Hagerty, M.J. 1941. Comments on writing concerning Chinese Sorghums. Harvard Journal of Asiatic Studies 5:234-260.
- Harlan, J.R. and J.M.J.de Wet.1972. A simplified classification of cultivated sorghum. Crop Science12(2):172-176.
- Hoeman, S. 2007. Peluang dan potensi pengembangan sorgum manis. Makalah pada workshoppeluang dan tantangan sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol. Direktorat Jenderal Perkebunan Departemen Pertanian, Jakarta.
- House, L.R. 1985. Guide to sorghum Breeding, 2nd edn. ICRISAT, India.
- ICRISAT. 2002. Annual report of sorghum research and dissemination.International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Leonard, W.H. and J.H. Martin. 1963. Cereal crops. The Macmillan Company, USA. pp. 679-735.
- Martin, J.H. 1970. History and classification of sorghum.Sorghum production and utilization; major feed and food crops in agriculture and food series. (Eds.) Joseph S.W. and William M.R. Westport, CT: Avi Pub. 1-27.
- Purseglove, J.W. 1972. Tropical crops monocotyledons.Vol. 1. Halsted Press Division, Wiley Publisher New York.

- Reddy, B.V.S., S.Ramesh, S.T.Borikar, and H.Sahib. 2006. ICRISAT-Indian NARS partnership sorgum improvement research: Strategies and Impacts. *Current Science* 92 (7):909-915.
- Smith, C.W. dan R.A. Frederikson. 2000. *Sorghum*, origin, history, technology and production. John Willey and Sons, New York.
- Snowden, J.D. 1936 .Cultivated race of sorghum. London: Adlard and Sons. 274 pp.
- Snowden, J.D. 1955.The wild fodder sorghums of the section *Eu-sorghum*.J. Linnaean Society, Botany(London) 55:191-260.
- USDA. 2001. *Sorghum bicolor* (L.): Plant guide. Available online at <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=sobi2>.
- USDA. 2002. *Sorghum halepense* (L) Pers. Johnsongrass. Available online at <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SOHA>.
- Vavilov, N.I. 1926. Studies on origin of cultivated plants. *Bull. Appl. Bot.* 16(20): 248. Cited by D. Singh. 1993. NBPGR. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi, India.
- Wikipedia. 2013. *Sorghum*, species and cultivation. Available online at <http://en.wikipedia.org/wiki/Sorghum>.
- Yusro. 2001. Pengelompokan varietas/galur sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) berdasarkan ciri morfologinya. Skripsi Institut Pertanian Bogor.

Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum

Aviv Andriani dan Muzdalifah Isnaini
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan tanaman serealia yang dapat tumbuh pada berbagai keadaan lingkungan sehingga potensial dikembangkan, khususnya pada lahan marginal beriklim kering di Indonesia. Keunggulan sorgum terletak pada daya adaptasinya yang luas, toleran terhadap kekeringan, produktivitas tinggi, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya. Selain budi daya yang mudah, sorgum mempunyai manfaat yang luas, antara lain untuk pakan, pangan, dan bahan industri (Yulita dan Risda 2006).

Tanaman sorgum sekeluarga dengan tanaman serealia lainnya seperti padi, jagung, hanjeli dan gandum, dan bahkan tanaman lain seperti bambu dan tebu. Dalam taksonomi, tanaman-tanaman tersebut tergolong dalam satu keluarga besar *Poaceae* yang juga sering disebut sebagai *Gramineae* (rumput-rumputan). Tanaman sorgum termasuk tanaman serealia yang memiliki kandungan gizi tinggi, meliputi karbohidrat, lemak, kalsium, besi, dan fosfor (Dicko *et al.* 2006).

Di negara-negara berkembang, sorgum dibudidayakan terutama sebagai bahan pangan dan minuman beralkohol atau bahan upacara adat. Minuman beralkohol yang dibuat dari biji sorgum dapat berupa bir berasal dari biji yang difermentasi setelah dikecambahkan. Di negara-negara maju, batang atau biji sorgum digunakan sebagai pakan, media jamur merang. Khusus sorgum manis, batangnya digunakan sebagai bahan untuk gula dan kertas (Yulita dan Risda 2006, Sundra dan Marimutu 2012).

MORFOLOGI

Genus *sorghum* terdiri atas 20 atau 32 spesies, berasal dari Afrika Timur, satu spesies di antaranya berasal dari Meksiko. Tanaman ini dibudidayakan di Eropa Selatan, Amerika Utara, Amerika Tengah, dan Asia Selatan. Di antara spesies-spesies sorgum, yang paling banyak dibudidayakan adalah spesies *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Morfologi tanaman sorgum mencakup akar, batang, daun, tunas, bunga, dan biji.

Perakaran

Tanaman sorgum merupakan tanaman biji berkeping satu, tidak membentuk akar tunggang, perakaran hanya terdiri atas akar lateral. Sistem perakaran sorgum terdiri atas akar-akar seminal (akar-akar primer) pada dasar buku pertama pangkal batang, akar skunder dan akar tunjang yang terdiri atas akar koronal (akar pada pangkal batang yang tumbuh ke arah atas) dan akar udara (akar yang tumbuh di permukaan tanah). Tanaman sorgum membentuk perakaran sekunder dua kali lebih banyak dari jagung. Ruang tempat tumbuh akar lateral mencapai kedalaman 1,3-1,8 m, dengan panjang mencapai 10,8 m. Sebagai tanaman yang termasuk kelas monokotiledone, sorgum mempunyai sistem perakaran serabut (Artschwager 1948, Singh *et al.* 1997, Rismunandar 2006).

Akar primer adalah akar yang pertama kali muncul pada proses perkecambahan benih yang berkembang dari radikula, berfungsi sebagai alat transportasi air dan nutrisi bagi kecambah dalam tanah. Seiring dengan proses pertumbuhan tanaman pada saat muncul akar sekunder pada ruas pertama, fungsinya segera digantikan oleh akar sekunder (Arthswager 1948, Singh *et al.* 1997, du Plessis 2008).

Akar skunder berkembang di ruas pertama pada mesokotil di bawah tanah yang kemudian berkembang secara ekstensif yang diikuti oleh matinya akar primer. Pada tahap selanjutnya, akar sekunder berfungsi menyerap air dan unsur hara. Panjang akar ini 5-15 cm. Akar skunder berukuran kecil, seragam, dan hanya sebagian kecil dari sistem perakaran sorgum. Akar skunder lain tumbuh mulai pada ruas kedua dari mesokotil hingga ke atas, yang lebih dikenal sebagai akar permanen. Akar permanen bercabang secara lateral dan masuk ke tanah secara vertikal. Pada tanah yang gembur, akar skunder mampu tumbuh hingga 1 m ke samping dan 2 m ke dalam tanah untuk menyerap nutrisi (Arthswager 1948, Singh *et al.* 1997, du Plessis 2008).

Akar tunjang berkembang dari primordial buku yang berada kurang dari 1 m. Pada tanaman sorgum, bahkan akar tunjang lebih tinggi dari akar jagung, mencapai 1,2 m di atas permukaan tanah, berfungsi seperti jangkar bagi tanaman. Akar tunjang umumnya berukuran lebih besar dan berwarna lebih gelap jika berada di permukaan tanah. Akar tunjang memiliki ukuran dan fungsi yang sama dengan akar normal apabila mencapai tanah. Perakaran tanaman sorgum sanggup menopang pertumbuhan dan perkembangan tanaman ratun hingga dua atau tiga kali lebih kuat, dan menjadikan tanaman toleran kekeringan (House 1985, Arthswager 1948, Singh *et al.* 1997, du Plessis 2008).

Batang

Batang tanaman sorgum merupakan rangkaian berseri dari ruas (*internodes*) dan buku (*nodes*), tidak memiliki kambium. Pada bagian tengah batang terdapat seludang pembuluh yang diselubungi oleh lapisan keras (sel-sel parenchym). Tipe batang bervariasi dari solid dan kering hingga sukulen dan manis. Jenis sorgum manis memiliki kandungan gula yang tinggi pada batang gabusnya, sehingga berpotensi dijadikan sebagai bahan baku gula sebagaimana halnya tebu (Hunter and Anderson 1997, Hoeman 2012). Bentuk batang tanaman sorgum silinder dengan diameter pada bagian pangkal berkisar antara 0,5-5,0 cm. Tinggi batang bervariasi, berkisar antara 0,5-4,0 m, bergantung pada varietas (House 1985, Arthswager 1948, du Plessis 2008).

Ruas batang sorgum pada bagian tengah tanaman umumnya panjang dan seragam di banding ruas pada bagian bawah dan atas tanaman. Ruas paling panjang terdapat pada ruas terakhir (ujung tanaman), yang berupa tangkai malai. Permukaan ruas batang sorgum mirip dengan tanaman tebu, yaitu diselimuti oleh lapisan lilin yang tebal, kecuali pada ujung batang. Lapisan lilin paling banyak pada bagian atas dari pelepah daun, yang berfungsi mengurangi transpirasi sehingga sorgum toleran terhadap kekeringan. Buku pada batang sorgum rata dengan ruasnya, pada bagian ini tumbuh akar tunjang dan tunas (Arthswager 1948, du Plessis 2008). Bagian dalam batang sorgum seperti spon setelah tua. Pada kondisi kekeringan, bagian dalam batang sorgum bisa pecah (du Plessis 2008).

Pada tanaman sorgum manis, bagian dalam batang berair (*juicy*) karena mengandung gula. Kandungan gula pada saat biji masak fisiologis berkisar antara 10-25% (Hunter and Anderson 1997). Kandungan gula pada tanaman sorgum manis merupakan karbohidrat yang dapat terfermentasi (*fermentable carbohydrates*) 15-23%. Kandungan gula tersebut terdiri atas sukrosa 70%, glukosa 20%, dan fruktosa 10%. Sorgum manis mampu memproduksi biomas 20-50 t/ha (Shoemaker *et al.* 2010).

Tinggi tanaman sorgum bergantung pada jumlah dan ukuran ruas batang. Sorgum memiliki tinggi rata-rata 2,6-4 m. Pohon dan daun sorgum mirip dengan jagung. Tinggi batang sorgum manis yang dikembangkan di China dapat mencapai 5 m, dan struktur tanaman yang tinggi ideal dikembangkan untuk pakan ternak dan penghasil gula (FAO 2002). Tinggi tanaman sorgum berhubungan erat dengan umur dan jumlah daun, pada tanaman berumur genjah tinggi dan jumlah daun lebih sedikit daripada tanaman berumur dalam.

Tunas

Pada beberapa varietas sorgum, batangnya dapat menghasilkan tunas baru membentuk percabangan atau anakan dan dapat tumbuh menjadi individu baru selain batang utama (House 1985). Ruas batang sorgum bersifat *gemmiferous*, setiap ruas terdapat satu mata tunas yang bisa tumbuh sebagai anakan atau cabang. Tunas yang tumbuh pada ruas yang terdapat di permukaan tanah akan tumbuh sebagai anakan, sedangkan tunas yang tumbuh pada batang bagian atas menjadi cabang (Arthswager 1948). Pertumbuhan tunas atau anakan bergantung pada varietas dan lingkungan tumbuh tanaman sorgum. Pada suhu kurang dari 18°C memicu munculnya anakan pada fase pertumbuhan daun ke-4 sampai ke-6. Tanaman sorgum tahunan mampu menghasilkan anakan 2-3 kali lebih banyak dari sorgum semusim. Kemampuan menghasilkan anakan dan tunas lebih banyak menjadikan tanaman sorgum bisa dipanen untuk kemudian di ratun (Hunter and Anderson 1997, du Plessis 2008). Cabang pada tanaman sorgum umumnya tumbuh bila batang utama rusak. Jumlah cabang dan anakan bergantung pada varietas, jarak tanam, dan kondisi lingkungan (Arthswager 1948).

Daun

Daun merupakan organ penting bagi tanaman, karena fotosintat sebagai bahan pembentuk biomasa tanaman dihasilkan dari proses fotosintesis yang terjadi di daun (Sitompul dan Guritno 1995). Sorgum mempunyai daun berbentuk pita, dengan struktur terdiri atas helaian daun dan tangkai daun. Posisi daun terdistribusi secara berlawanan sepanjang batang dengan pangkal daun menempel pada ruas batang. Panjang daun sorgum rata-rata 1 m dengan penyimpangan 10-15 cm dan lebar 5-13 cm (Arthswager 1948, House 1985). Jumlah daun bervariasi antara 7-40 helaian, bergantung pada varietas (Arthswager 1948, Martin 1970, Gardner *et al.* 1981).

Daun melekat pada buku-buku batang dan tumbuh memanjang, yang terdiri atas pelepah dan helaian daun. Pada pertemuan antara pelepah dan helaian daun terdapat ligula (*ligule*) dan kerah daun (*dewlaps*). Helaian daun muda kaku dan tegak, kemudian menjadi cenderung melengkung pada saat tanaman dewasa. Helaian daun berbentuk lanset, lurus mendatar, berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan permukaan mengkilap oleh lapisan lilin. Stomata berada pada permukaan atas dan bawah daun. Tulang daun lurus memanjang dengan warna bervariasi dari hijau muda, kuning hingga putih, bergantung pada varietas (Arthswager 1948).

Keunikan daun sorgum terdapat pada sel penggerak yang terletak di sepanjang tulang daun. Sel ini dapat menggulung daun secara cepat bila terjadi kekeringan, untuk mengurangi transpirasi. Pelepah daun melekat pada ruas dan menyelimuti batang, agak tebal dan semakin tipis di pinggir, dengan lebar sekitar 25-30 cm atau beragam, bergantung varietas, bagian dalamnya berwarna putih dan mengkilat, sedangkan bagian luar berwarna hijau dan berlapis lilin. Permukaan pelepah licin hingga berambut (Arthswager 1948, du Plessis 2008).

Hasil penelitian Bullard dan York (1985) menunjukkan bahwa banyaknya daun tanaman sorgum berkorelasi dengan panjang periode vegetatif, yang dibuktikan oleh setiap penambahan satu helai daun memerlukan waktu 3-4 hari. Freeman (1970) menyebutkan bahwa tanaman sorgum juga mempunyai daun bendera (*leaf flag*) yang muncul paling akhir, bersamaan dengan inisiasi malai.

Daun bendera (*flag leaf*), merupakan daun yang terakhir (*terminal leaf*) sebelum muncul malai, memiliki fungsi yang sama sebagai organ fotosintesis dan menghasilkan fotosintat. Daun bendera umumnya lebih pendek dan lebar dari daun-daun pada batang (House 1985). Pelepah daun bendera menyelubungi primordia bunga selama proses perkembangan primordia bunga. Fase ini disebut sebagai fase *booting*, yang dalam bahasa Indonesia sering di sebut fase bunting. Daun bendera akan membuka oleh dorongan pemanjangan tangkai bunga dan perkembangan bunga dari primordia bunga menjadi bunga sempurna yang siap untuk mekar. Pelepah dan daun bendera di lapiasi oleh lapisan lilin yang tebal (Singh *et al.* 1997). Daun bendera muda bentuknya kaku dan tegak dan akan melengkung seiring dengan fase penuaan daun.

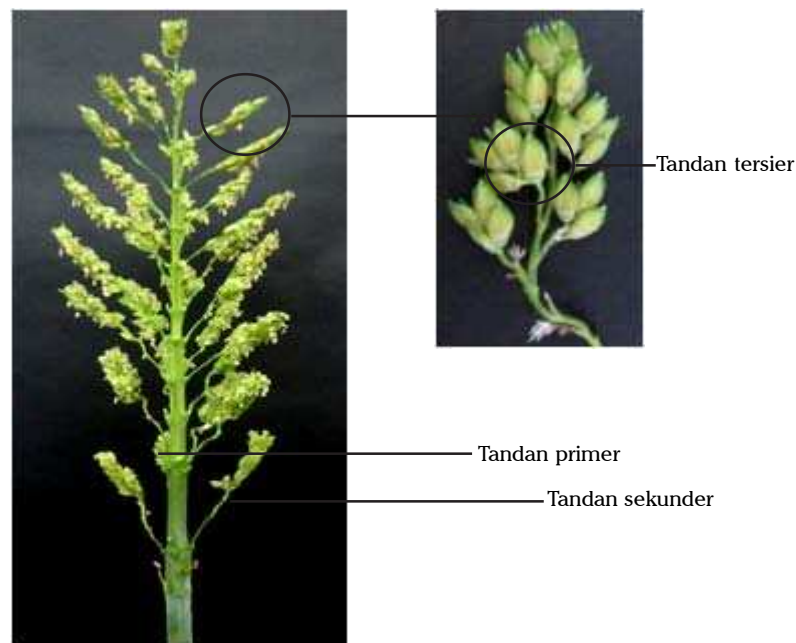
Bunga

Rangkaian bunga sorgum berada pada malai di bagian ujung tanaman. Sorgum merupakan tanaman hari pendek, pembungaan dipicu oleh periode penyinaran pendek dan suhu tinggi (Pedersen *et al.* 1998). Bunga sorgum merupakan bunga tipe *panicle*/malai (susunan bunga di tangkai) (Hunter and Anderson 1997). Bunga sorgum secara utuh terdiri atas tangkai malai (*peduncle*), malai (*panicle*), rangkaian bunga (*raceme*), dan bunga (*spikelet*).

Tangkai malai (*peduncle*) merupakan ruas paling ujung (*terminal internode*) yang menopang malai dan paling panjang, yang terdapat pada batang sorgum. Tangkai malai memanjang seiring dengan perkembangan malai, dan mendorong malai keluar dari pelepah daun bendera. Ukuran panjang tangkai malai beragam, bergantung varietas. Pada beberapa

varietas, tangkai malai pendek dan tertutup oleh pelepah daun bendera dan berbentuk lurus atau melengkung (House 1985, Singh *et al.* 1997). Bagian dari tangkai malai/*peduncle* terlihat di antara pangkal malai/*panicle* dengan pelepah daun bendera yang disebut leher malai/*exsertion*. Panjang leher malai beragam, berkisar antara < 5,1 - > 20 cm (Singh *et al.* 1997, PPV and FRA 2007).

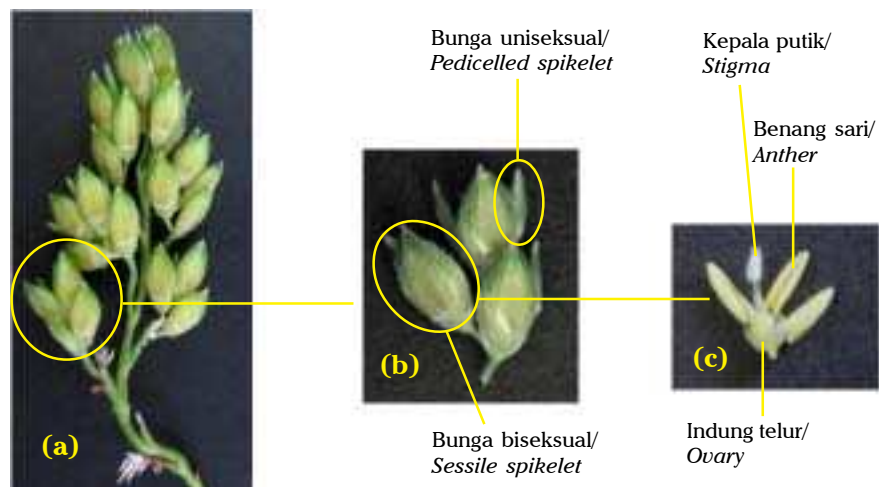
Malai (*panicle*) pada sorgum tersusun atas tandan primer, sekunder, dan tersier (Gambar 1). Susunan percabangan pada malai semakin ke atas semakin rapat, membentuk *raceme* yang longgar atau kompak, bergantung pada panjang poros malai, panjang tandan, jarak percabangan tandan dan kerapatan spikelet (Gambar 2). Ukuran malai beragam dengan panjang berkisar antara 4-50 cm dan lebar 2-20 cm (House 1985, Magness *et al.* 1971, Dicko *et al.* 2006). Malai tanaman sorgum beragam, bergantung pada varietas dan dapat dibedakan berdasarkan posisi, kerapatan, dan bentuk. Berdasarkan posisi, malai sorgum ada yang tegak, miring dan melengkung; sedangkan berdasarkan kerapatan, malai sorgum ada yang kompak, longgar, dan *intermedier*. Berdasarkan bentuk, malai ada yang oval, silinder, elip, seperti seruling, dan kerucut (Martin 1970). Pada sorgum tipe liar, bentuk malai cenderung *raceme* terbuka (Hunter and Anderson 1997).



Gambar 1. Susunan cabang pada bunga sorgum.



Gambar 2. Bentuk malai sorgum.



Gambar 3. Bagian-bagian pada *raceme* bunga sorgum: (a) *raceme*, (b) *spikelet*, (c) bunga biseksual/hermaprodit.

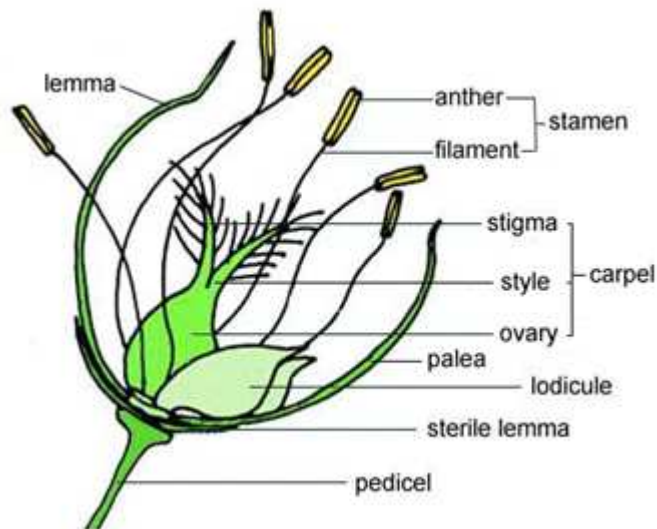
Rangkaian bunga (*raceme*) merupakan kumpulan beberapa bunga yang terdapat pada cabang sekunder. *Raceme* pada umumnya terdiri atas satu atau beberapa *spikelet*, dalam setiap *spikelet* terdapat dua macam bunga, yaitu bunga biseksual pada *sessile spikelet* dan bunga uniseksual pada *pediceled spikelet*, kecuali pada bunga yang paling ujung (*terminal sessile spikelet*) biasanya terdiri atas dua bunga uniseksual (*pediceled spikelets*) (Gambar 3). Ukuran *raceme* beragam, bergantung pada jumlah

buku dan panjang ruas yang terdapat di dalam *raceme*, berkisar antara 1-8 buku, bergantung varietas. Ukuran ruas dan buku pada *raceme* hampir sama, berkisar antara 0,5-3,0 mm (House 1985).

Bunga (*spikelet*) merupakan bunga tunggal yang tersusun dalam rangkaian bunga (*raceme*). Pada setiap malai terdapat sekitar 1.500-4.000 bunga (du Plessis 2008). Dalam setiap bunga terdapat setidaknya satu bunga biseksual (*hermaprodit*) dan satu atau dua bunga uniseksual, berupa bunga jantan atau steril (House 1985, Martin 1970, Hunter and Anderson 1997).

Bunga biseksual/*hermaprodit* (*sessile spikelet*) merupakan bunga subur (*fertile*). Bentuk bunga biseksual beragam dari lanselot hingga bulat dengan panjang 3-10 mm, berwarna hijau pada fase pembungaan, kemudian berubah menjadi coklat setelah masak fisiologis. Warna glume pada saat masak fisiologis beragam, bergantung varietas, dari coklat, merah, hingga hitam (House 1985).

Bagian-bagian dari bunga biseksual terdiri atas dua glume, dua lemma, dua lodikula (*lodicules*), palea, putik/*stigma* dan tiga kotak sari/*stamen/anther* (Gambar 4). Dua glume pada bunga biseksual memiliki panjang hampir sama, dengan ketebalan yang beragam, dari tipis dan rapuh hingga tebal dan liat. Glume di bagian bawah menutupi sebagian glume di bagian atas, berurat 6-18, glume di bagian atas lebih sempit dan berujung lebih runcing. Warna bervariasi dari hitam, merah, coklat hingga putih, dari polos



Gambar 4. Bagian-bagian bunga biseksual/*hermaprodit* pada bunga sorgum.
Sumber: Martin (1970)

hingga berambut (*hairy*) (House 1985, Martin 1970, du Plessis 2008). Dua buah lemma berwarna putih dan tipis, lemma paling bawah berbentuk elips atau oblong, memiliki panjang yang hampir sama dengan glume, sedangkan lemma bagian atas lebih pendek berbentuk bulat telur dan kadang berbulu (*awn*), bergantung varietas (Gambar 5). Dua lodikula dan palea berukuran kecil dan kurang menarik. Stigma memiliki dua tangkai putik yang ujungnya berbulu halus (*fluffy*), panjang tangkai putik beragam antara 0,5-1,5 mm, menempel pada bakal buah (*ovary*). Kotak sari (*anther*) memiliki tangkai benang sari (*filament*) untuk menempel pada dasar bunga (House 1985).

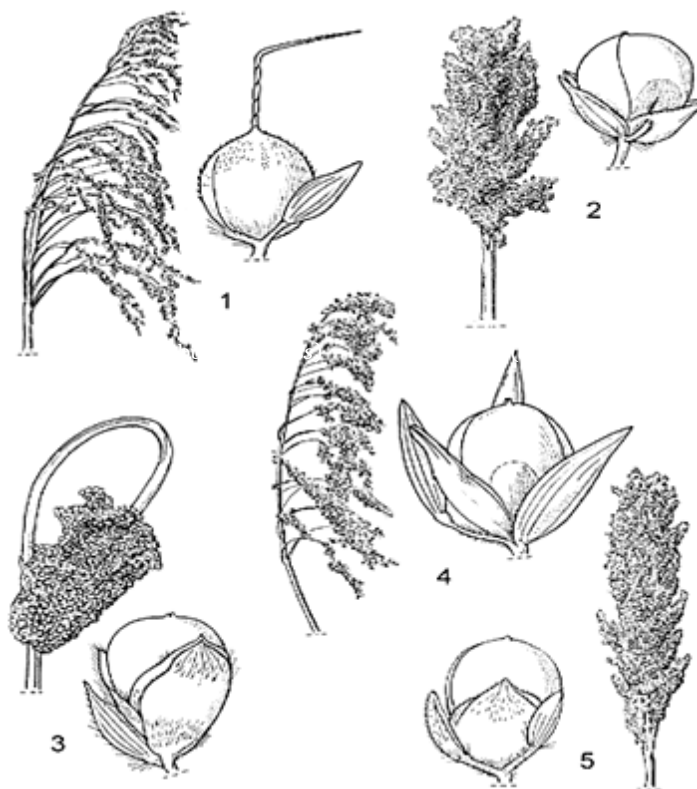
Bunga uniseksual (*pediceled spikelet*) terdiri atas bunga jantan atau bunga yang tidak subur dan kadang memiliki bakal buah yang tidak berkembang (*rudimentary ovary*), umumnya lebih kecil dari bunga biseksual. Bunga ini terdiri atas lemma, berbentuk lansetol, lebih kecil dari lemma pada bunga biseksual, dan kadang memiliki bulu (*awn*), bergantung pada varietas (House 1985).

Berdasarkan tipe malai, spikelet, bentuk malai dan glume, Harlan dan de Wet (1972) mengelompokkan sorgum menjadi lima kelompok kultivar (Gambar 6), sebagai berikut:

1. Kelompok kultivar bicolor, memiliki tipe malai terbuka bertangkai tegak dengan tandan menyebar, tandan di bagian bawah lebih panjang dari bagian atas. Biji memanjang, berbentuk obovate dengan bagian bawah simetris. Glume lebih panjang dari biji, dan menutup biji dengan sempurna. Kultivar kelompok bicolor berbatang manis dan dibudidayakan sebagai bahan baku etanol.



Gambar 5. Ragam bulu/awn pada lemma pada bunga sorgum.



Gambar 6. Tipe malai dan spikelet 5 kelompok kultivar sorgum.
1. bicolor, 2. caudatum, 3. durra, 4. guinea, 5. kafir
Sumber: Balole dan Legwaila (2006)

2. Kelompok kultivar Caudatum, memiliki tipe malai beragam tetapi agak kompak dan tegak, terdiri atas tandan yang kurang lebih sama panjang yang tersusun agak rapat. Biji berbentuk simetris, agak rata di satu sisi sedangkan di sisi yang lain menonjol. Glume menutupi $< 0,5$ dari panjang biji.
3. Kelompok kultivar Durra, memiliki tipe malai sangat kompak dan bertangkai melengkung, spikelet tanpa tangkai. Biji berbentuk bulat, tidak mempunyai glume bawah, ukuran glume sangat lebar dan melintang bagian tengah biji.
4. Kelompok kultivar Guinea, memiliki tipe malai terbuka dan tidak rapat, bertangkai agak melengkung, tandan di bagian bawah dan bagian atas berukuran panjang relatif sama. Biji bulat melebar dengan glume yang relatif sama panjang. Glume pada saat tua menjadi terbuka 90° dari

poros glume. Beberapa kultivar dari kelompok ini beradaptasi dengan kondisi lembab sehingga umum dibudidayakan di Asia Tenggara.

5. Kelompok kultivar Kaffir, malai memanjang dan agak kompak, tandan cenderung menegak mendekati poros malai. Biji agak simetris atau agak bulat, glume menjepit biji dengan ukuran yang beragam.

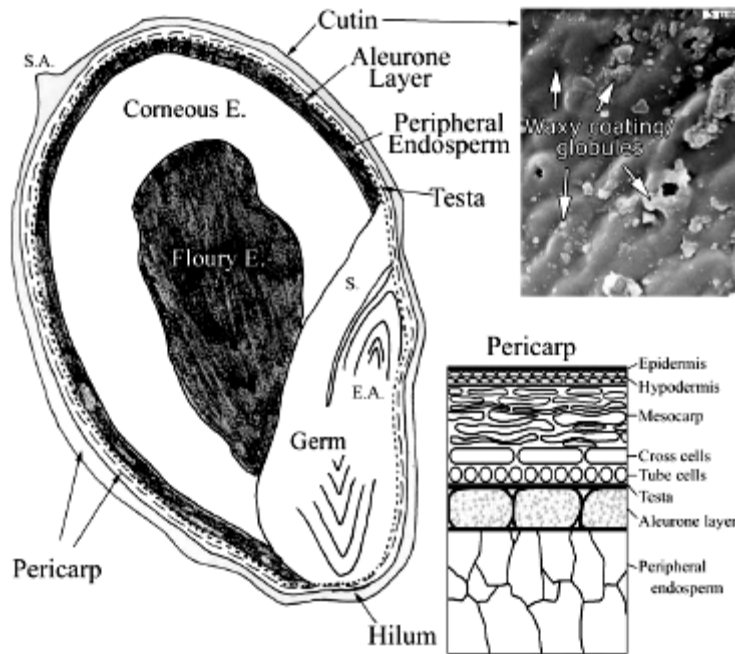
Selain lima kelompok kultivar tersebut, masih ada 10 kelompok kultivar pertengahan (*intermedier*), yaitu gabungan dari lima kultivar utama. Sepuluh kultivar intermedier tersebut adalah 1. Caudatum bicolor (cb), 2. Guinea bicolor (gb), 3. Durra bicolor (db), 4. Kafir bicolor (kb), 5. Durra caudatum (dc), 6. Guinea caudatum (gc), 7. Kafir caudatum (kc), 8. Guinea durra (gd), 9. Kafir durra (kd), 10. Guinea kafir (gk) (House 1985).

Biji

Biji sorgum yang merupakan bagian dari tanaman memiliki ciri-ciri fisik berbentuk bulat (*flattened spherical*) dengan berat 25-55 mg (Dicko *et al.* 2006). Biji sorgum berbentuk butiran dengan ukuran 4,0 x 2,5 x 3,5 mm. Berdasarkan bentuk dan ukurannya, sorgum dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu biji berukuran kecil (8-10 mg), sedang (12-24 mg), dan besar (25-35 mg). Biji sorgum tertutup sekam dengan warna coklat muda, krem atau putih, bergantung pada varietas (Mudjisihono dan Suprpto 1987). Biji sorgum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu lapisan luar (*coat*), embrio (*germ*), dan endosperm (Gambar 7).

Bagian lapisan luar biji sorgum terdiri atas hilum dan perikarp yang mengisi 7,3-9,3% dari bobot biji (du Plessis 2008). Hilum berada pada bagian dasar biji. Hilum akan berubah warna menjadi gelap/hitam pada saat biji memasuki fase masak fisiologis (House 1985). Perikarp terdiri atas lapisan mesokarp dan endokarp. Mesokarp merupakan lapisan tengah dan cukup tebal, berbentuk polygonal, dan mengandung sedikit granula pati. Endokarp tersusun dari sel yang melintang dan berbentuk tabung, pada endokarp terdapat testa dan aleuron. Pada lapisan ini terdapat senyawa fenolik (Dicko *et al.* 2005, du Plessis 2008).

Lapisan testa bersifat padat dan rapat. Ketebalan lapisan testa bervariasi untuk setiap varietas, biasanya paling tebal pada puncak biji dan yang tertipis terdapat di dekat lembaga. Ketebalan testa di puncak biji berkisar antara 100-140 μm , dan yang paling tipis berukuran 10-30 μm . Lapisan aleuron terdapat di atas permukaan endosperma biji. Warna biji dipengaruhi oleh warna dan ketebalan kulit (pericarp), terdapatnya testa serta tekstur dan warna endosperm. Warna pada testa adalah akibat adanya tanin (Hahn and Rooney 1986, Waniska 2000, Earp *et al.* 2004, du Plessis 2008). Tanin berasa pahit dan bersifat malnutrisi sehingga tidak disukai oleh burung dan



S.A.=Stylar area/bagian ujung, E.A=Embryonic axis/inti embrio,
S=Scutellum/Sekutelum
Sumber: Earp *et al.* (2004)

Gambar 7. Biji sorgum dan bagiannya.

tidak sesuai sebagai bahan pangan maupun pakan. Semakin tinggi kadar tanin, semakin sedikit kerusakan akibat serangan burung. Warna biji sorgum sangat bervariasi, mulai dari putih, kuning hingga merah, coklat, dan ungu (du Plessis 2008).

Bagian embrio/*germ* meliputi 7,8-12,1% dari bobot biji yang terdiri atas bagian inti embrio/*embryonic axis*, skutelum/*scutellum*, calon tunas/*plumule*, dan calon akar/*radicle*. Pada bagian embrio mengandung asam lemak tak jenuh seperti asam linoleat, protein, lisin, dan polisakarida nonpati (Dicko *et al.* 2005, du Plessis 2008).

Bagian endosperma merupakan 80-84,6% dari bobot biji (du Plessis 2008). Endosperma terdiri atas lapisan endosperma luar (*peripheral endosperm*), tengah (*corneous endosperm*) dan dalam (*floury endosperm*). Komposisi setiap lapisan beragam, bergantung varietas. Lapisan *corneous* yang tebal menjadikan biji lebih keras di banding biji dengan sedikit lapisan *corneous* (House 1985).

Komponen utama biji sorgum adalah pati yang tersimpan dalam bentuk granula pada bagian endosperma dengan diameter 5-25 μ m. Pada bagian endosperma dan perikarp terdapat pula arabinosilan, α -glukan, vitamin, dan mineral. (Dicko *et al.* 2005). Endosperma memiliki peran penting dalam penyediaan nutrisi bagi tanaman pada awal pertumbuhan, sebelum tanaman mampu menyerap hara dari tanah (du Plessis 2008). Endosperm umumnya berwarna putih atau kuning, warna kuning disebabkan oleh karotenoid yang merupakan penanda keberadaan vitamin A, tetapi umumnya sedikit (House 1985). Kandungan nutrisi pada biji sorgum terdiri atas karbohidrat 70-80%, protein 11-13%, lemak 2-5%, serat 1-3% dan abu 1-2%. Kandungan protein pada sorgum lebih tinggi dari jagung dan hampir sama dengan gandum, namun protein sorgum bebas glutein. Kandungan lemaknya lebih rendah dari jagung tetapi lebih tinggi dari gandum (Magness *et al.* 1971, Prasad and Staggenborg 2013).

FASE PERTUMBUHAN SORGUM

Tanaman sorgum mempunyai pola pertumbuhan yang sama dengan jagung, namun interval waktu antara tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang dapat berbeda. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setiap tahap bergantung pada varietas dan lingkungan tumbuh. Faktor lingkungan tersebut antara lain kelembaban dan kesuburan tanah, hama dan penyakit, cekaman abiotik, populasi tanaman, dan persaingan gulma. Pertumbuhan tanaman sorgum dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu, fase vegetatif, fase reproduktif, dan pembentukan biji dan masak fisiologis (du Plessis 2008).

Fase Pertumbuhan Vegetatif

Pada fase vegetatif bagian tanaman yang aktif berkembang adalah bagian-bagian vegetatif seperti daun dan tunas/anakan. Fase ini sangat penting bagi tanaman karena pada fase ini seluruh daun terbentuk sempurna berfungsi memproduksi fotosintat untuk pertumbuhan dan pembentukan biji. Fase vegetatif berlangsung pada saat tanaman berumur antara 1-30 hari. Tahap-tahap pertumbuhan pada fase vegetatif meliputi 3 tahap (House 1985, Gerik *et al.* 2003, dan Vanderlip 1993), yaitu:

1. Tahap 0, saat kecambah muncul di atas permukaan tanah

Tahap ini disebut tahap 0 karena umur tanaman adalah 0 hari setelah berkecambah (HSB). Pada kondisi yang optimum, tahap ini terjadi antara 3-10 hari setelah tanam (HST). Munculnya kecambah dipengaruhi oleh suhu,

kelembaban, kedalaman posisi benih, dan vigor benih. Pada suhu tanah 20°C atau lebih, tunas pucuk (*coleoptile*) muncul di atas tanah setelah 3-4 HST, dan akan lebih lama jika suhu semakin rendah. Sedangkan akar skunder akan mulai berkembang 3-7 HSB. Selama tahap ini, pertumbuhan bergantung pada nutrisi dan cadangan makanan dari benih (House 1985, Vanderlip 1993).

Suhu dingin dengan kelembaban yang tinggi mendukung pertumbuhan organisme penyakit. Benih harus mendapatkan perlakuan dengan fungisida sebelum tanam. Penggunaan herbisida pratumbuh membantu menekan pertumbuhan gulma pada awal pertumbuhan. Sorgum sangat dianjurkan ditanam pada akhir musim hujan, sehingga panen bisa dilakukan pada musim kemarau. Hal ini penting karena biji sorgum mudah tumbuh dan terserang hama jika curah hujan terlalu tinggi mendekati panen (Vanderlip 1993).

2. Tahap 1, saat pelepah daun ke-3 terlihat

Daun dihitung setelah pelepah daun mulai terlihat atau tidak lagi tertutup oleh pelepah daun sebelumnya, namun titik tumbuh masih berada di tanah. Laju pertumbuhan relatif lambat. Tahap ini berlangsung pada umur sekitar 10 HSB. Kecepatan pertumbuhan pada tahap ini bergantung pada suhu yang hangat. Penyiangan yang baik membantu tanaman untuk tumbuh secara optimal sehingga mampu memberikan hasil yang optimal. Namun penyiangan harus hati-hati supaya tidak merusak titik tumbuh, karena kemampuan sorgum untuk tumbuh kembali tidak sebaik tanaman jagung (Vanderlip 1993).

3. Tahap 2, saat daun ke-5 terlihat

Pada tahap ini tanaman memasuki umur sekitar 20 HSB dan memasuki fase pertumbuhan cepat. Daun dan sistem perakaran berkembang dengan cepat. Pertumbuhan yang cepat memerlukan penyiangan, pupuk, pengairan, dan pengendalian hama dan penyakit yang optimal. Laju akumulasi bahan kering akan konstan hingga saat memasuki masak fisiologis bila kondisi pertumbuhan baik. Titik tumbuh masih berada di bawah permukaan tanah. Pada fase ini, batang belum memanjang, yang terlihat di permukaan tanah adalah lapisan pelepah daun, namun vigor tanaman lebih tinggi dibanding pada tahap 1 (Vanderlip 1993).

4. Tahap 3, tahap deferensiasi titik tumbuh

Deferensiasi titik tumbuh berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 30 HSB. Pada fase ini titik tumbuh mulai membentuk primordial bunga. Setidaknya sepertiga jumlah daun sudah benar-benar berkembang, dan total jumlah daun optimal sudah terdeferensiasi. Batang tumbuh dengan

cepat mengikuti pertumbuhan titik tumbuh. Penyerapan unsur hara secepat pertumbuhan tanaman, sehingga kebutuhan hara dan air juga cukup tinggi, penambahan pupuk sangat membantu tanaman untuk tumbuh optimal. Waktu yang diperlukan dari penanaman hingga deferensiasi titik tumbuh umumnya menghabiskan sepertiga dari umur tanaman (Vanderlip 1993).

Fase Pertumbuhan Generatif

Fase generatif umumnya berlangsung pada saat tanaman berumur 30-60 HST (Vanderlip 1993). Pada suhu panas, sorgum akan berbunga lebih cepat, dan pada kondisi suhu yang lebih rendah pembungaan sedikit lebih lambat (House 1985). Inisiasi bunga menandai akhir fase vegetatif dan dimulainya fase reproduktif/generatif. Pada fase ini terbentuk struktur malai (*panicle*) dan jumlah biji yang bisa terbentuk dalam satu malai. Fase ini sangat penting bagi produksi biji karena jumlah biji yang akan diproduksi maksimum 70% dari total bakal biji yang tumbuh periode ini. Jika pertumbuhan malai terganggu akan menurunkan jumlah biji yang akan terbentuk (du Plessis 2008). Tahap-tahap pertumbuhan fase generatif meliputi:

1. Tahap 4, saat munculnya daun bendera

Daun bendera muncul pada saat tanaman berumur sekitar 40 HSB yang ditandai oleh terlihatnya daun bendera yang masih menggulung. Setelah diferensiasi titik tumbuh, perpanjangan batang dan daun terjadi secara cepat bersamaan sampai daun bendera (daun akhir). Pada tahap ini semua daun sudah terbuka sempurna, kecuali 3-4 daun terakhir. Intersepsi cahaya mendekati maksimal (Vanderlip dan Reeves 1972, Vanderlip 1993).

Memasuki umur 40-45 HST, malai mulai memanjang dalam daun bendera dimana ukuran malai ditentukan pada saat ini. Pertumbuhan dan serapan hara jauh lebih besar dan lebih 40% kalium sudah diserap. Laju pertumbuhan dan penyerapan hara cepat, sehingga kecukupan pasokan nutrisi dan air diperlukan untuk pertumbuhan maksimal. Tanaman sorgum pada fase ini cukup kompetitif dengan gulma, namun pengendalian gulma tetap harus diperhatikan. Sekitar seperlima dari total pertumbuhan telah tercapai (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993, Rao *et al.* 2004).

2. Tahap 5, menggelembungnya pelepah daun bendera

Pada 6-10 HSB, pelepah daun bendera menggelembung, atau terjadi pada saat tanaman berumur sekitar 50 HSB. Pada fase ini seluruh daun telah berkembang sempurna, sehingga luas daun dan intersepsi cahaya mencapai maksimal. Malai berkembang hampir mencapai ukuran

maksimum dan tertutup dalam pelepah daun bendera, sehingga pelepah daun bendera menggelembung. Pertumbuhan batang sudah selesai, kecuali tangkai bunga (*peduncle*). Tangkai bunga mulai memanjang dan mendorong malai (*panicle*) untuk keluar dari pelepah daun bendera. Ukuran malai telah terdeferensiasi. Stres kelembaban tinggi dan kerusakan akibat herbisida selama fase pembentukan malai dapat mencegah malai keluar dari selubung daun bendera. Hal ini dapat mencegah penyerbukan saat berbunga (House 1985, Vanderlip 1993).

3. Tahap 6, tanaman 50% berbunga

Pada tahap pertumbuhan 5, tangkai malai tumbuh cepat dan muncul dari pelepah daun bendera. Tangkai malai ada yang memanjang dan ada yang tidak memanjang dari sebelum malai keluar dari pelepah daun bendera, bergantung varietas. Pada saat keluar dari daun bendera, malai segera mekar. Fase pembungaan 50% biasanya pada saat tanaman berumur sekitar 60 HSB, ditandai oleh sebagian malai sudah mekar, yaitu pada saat kotak sari (*anther*) keluar dari lemma dan palea (Vanderlip 1993).

Pada fase ini bagian vegetatif tanaman seperti batang mengalami sedikit peningkatan, dan telah mencapai produksi biomas maksimum, sekitar 50% dari total bobot kering tanaman. Serapan hara N, P, dan K telah mencapai hampir 70%, 60%, dan 80% dari total N, P_2O_5 , dan K_2O . Jika kondisi lingkungan menguntungkan, hasil sorgum masih dapat ditingkatkan dengan meningkatnya bobot biji. Kekeringan pada tahap ini dapat mengakibatkan menurunnya pengisian biji (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993, Rao *et al.* 2004).

Bunga sorgum akan mekar teratur dari tujuh cabang malai paling atas atau ujung malai (*panicle*) kemudian tengah dan terakhir bagian bawah. Lama pembungaan dari bunga pertama kali mekar berkisar antara 6-9 hari setelah malai keluar dari pelepah daun bendera (House 1985, Vanderlip 1993, Pendleton *et al.* 1994, Gerik *et al.* 2003, du Plessis 2008). Bunga sorgum pada umumnya mekar hanya beberapa saat sebelum atau sesudah matahari terbit. Cuaca mendung, suhu yang rendah, dan kelembaban tinggi menunda bunga untuk mekar (House 1985, Pedersen *et al.* 1998). Individu bunga mulai mekar pada saat bunga mulai membuka dari kumpulan rangkaian bunga (*raceme*), 7 menit kemudian lemma dan palea akan terbuka sempurna selama 20 menit, diikuti oleh keluarnya kepala putik dan benang sari (Stephens 1934, Pedersen *et al.* 1998).

Hasil penelitian Stephens (1934), menunjukkan bunga sorgum secara umum akan mekar (*anthesis*) sebelum pukul 10 pagi, bunga hermaprodit akan mekar terlebih dahulu, sedangkan bunga tunggal akan mekar 2-4 hari kemudian. Bunga hermaprodit dalam satu malai seluruhnya akan mekar

dalam waktu 6-9 hari. Dalam setiap bunga setidaknya terdapat 15.000 serbuk sari, dan dalam setiap malai terdapat 24-100 juta serbuk sari dari bunga hermaphrodit.

Serbuk sari sangat rentan terhadap kekeringan, sehingga cepat kehilangan viabilitas. Viabilitas serbuk sari merupakan kemampuan untuk berkecambah atau membentuk tabung serbuk sari (*pollen tube*) setelah menyerbuki putik. Viabilitas serbuk sari yang mendapat cekaman kekeringan tidak dapat kembali meski telah dilembabkan (*rehydrated*). Pada kondisi in vitro, serbuk sari mampu berkecambah dan membentuk tabung serbuk sari (Lansac *et al.* 1994). Serbuk sari (*pollen*) dapat hidup (*viable*) 3-6 jam setelah mekar (Stephens 1934, House 1985). Putik bunga sorgum mulai reseptif 2 hari sebelum bunga mekar, hingga 8-16 hari setelah bunga mekar, tetapi reseptif optimal selama 3 hari setelah mekar (Stephens 1934, Pedersen *et al.* 1998, Bello 2008).

Pada saat sekam terbuka, proses penyerbukan terjadi. Pada varietas tertentu yang memiliki sekam panjang, sekam tidak membuka sehingga terjadi penyerbukan sendiri (*cleistogamy*) (Stephens 1934, House 1985, Pedersen *et al.* 1998). Sorgum merupakan tanaman menyerbuk sendiri dengan peluang menyerbuk silang 2-10%. (Pedersen *et al.* 1998). Sekam (*glume*) mulai menutup kembali setelah 20 menit terbuka dan menutup dengan sempurna 2 jam kemudian atau segera setelah proses penyerbukan. Setelah kotak sari yang sudah kosong, kepala putik akan tetap menonjol keluar sekam, kecuali pada varietas bersekam panjang. Pembuahan (*fertilization*) terjadi 6-12 jam setelah penyerbukan (Stephens 1934, House 1985).

FASE PEMBENTUKAN DAN PEMASAKAN BIJI

Fase pembentukan dan pemasakan biji merupakan tahap akhir pertumbuhan tanaman sorgum, yang berlangsung pada saat tanaman mencapai umur 70-95 HSB (Vanderlip 1993). Fase ini diawali dengan proses pembuahan, hingga akumulasi bahan kering pada biji terhenti yang ditandai oleh munculnya lapisan hitam (*black layer*) pada bagian bawah biji yang menempel di tangkai (Gerik *et al.* 2003). Perkembangan biji sorgum ditandai oleh perubahan warna, pada awal pembentukan berwarna hijau muda, dan setelah sekitar 10 hari akan semakin besar dan berwarna hijau gelap, setelah 30 hari biji akan mencapai bobot kering maksimal (matang fisiologis) (House 1985). Di dalam biji, endosperm berkembang lebih cepat daripada embrio (Kladnik *et al.* 2006). Fase pembentukan dan pemasakan biji berlangsung dalam tiga tahap pertumbuhan.

1. Tahap 7, biji masak susu

Fase masak susu terjadi pada saat akumulasi pati mulai terbentuk dalam biji, semula pati berbentuk cairan, kemudian berubah seperti susu, sehingga sering disebut sebagai masak susu, dan dapat dengan mudah dipencet dengan jari. Fase ini terjadi pada saat tanaman berumur sekitar 70 HSB. Pengisian biji terjadi dengan cepat, hampir setengah dari bobot kering terakumulasi dalam periode ini. Bobot batang mengalami penurunan seiring dengan pengisian biji, sekitar 10% dari bobot biji berasal dari pengurangan bobot batang (Vanderlip 1993).

Serapan hara nitrogen dan fosfor masih cepat dan serapan kalium mulai menurun. Daun terbawah mulai mengering dengan meninggalkan 8-12 daun fungsional selama tahap 7 berlangsung. Hasil biji bergantung pada laju akumulasi bahan kering pada biji dan lamanya fase akumulasi. Laju akumulasi bahan kering antarvarietas tidak terlalu beragam (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993, Rao *et al.* 2004).

2. Tahap 8, pengerasan biji

Tahap pengerasan biji berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 85 HSB. Umumnya biji pada tahap ini sudah tidak dapat ditekan dengan jari karena sekitar tiga-perempat dari bobot kering biji telah terakumulasi. Bobot batang menurun hingga bobot terendah. Seluruh biji sudah terbentuk secara sempurna, embrio sudah masak, akumulasi bahan kering biji akan berhenti, dan serapan hara sudah berhenti. Sebagian daun mulai mengering. Kelembaban yang tinggi menurunkan bobot biji atau biji hampa (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993, Rao *et al.* 2004).

3. Tahap 9, biji matang fisiologis

Tahap pematangan biji berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 95 HSB atau bergantung varietasnya. Pada tahap ini tanaman telah mencapai bobot kering maksimum, begitu pula biji pada malai dengan kadar air 25-30%. Dalam proses menuju matang fisiologis, kadar air biji turun antara 10-15% selama 20-25 hari, yang mengakibatkan biji kehilangan 10% dari bobot keringnya. Biji yang matang fisiologis ditandai oleh lapisan pati yang keras pada biji berkembang sempurna dan telah terbentuk lapisan absisi berwarna gelap, yang disebut dengan *black layer*, pada sisi sebelah luar embrio (House 1985, Vanderlip 1993).

Setelah matang fisiologis, daun akan kering dan mati, atau beberapa daun akan tetap berwarna hijau (*stay green*). Jika kondisi suhu dan kelembaban menguntungkan, cabang mulai tumbuh dari beberapa mata tunas pada ruas batang, terutama pada ruas bagian atas. Bobot batang

akan sedikit naik pada saat mendekati matang fisiologis. Serapan hara NPK oleh tanaman telah mencapai masing-masing 100% (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993).

Biji yang telah matang fisiologis dapat dipanen, namun untuk mendapatkan hasil biji yang maksimum, sebaiknya tanaman dipanen setelah masak fisiologis. Kadar air saat panen sangat bergantung pada cuaca saat panen. Cuaca yang kurang tepat dapat menurunkan kualitas biji yang dipanen. Biji yang dipanen pada kadar air lebih dari 12% harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum disimpan (Vanderlip and Reeves 1972, Vanderlip 1993, Rao *et al.* 2004).

DAFTAR PUSTAKA

- Artschwager, E. 1948. Anatomy and morphology of the vegetative organs of sorghum vulgare. United States Department of Agriculture. Thechnical Bulletin 975. Pp 55.
- Balole, T.V. and G.M. Legwaila. 2006. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. [Internet] Record from PROTA4U. Brink, M. & Belay, G. (Eds). PROTA (Plant resources of tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>. Accessed 26 August 2013.
- Bello, D. 2008. Effect of pollination time on seed set in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Yola, Nigeria. Research Journal of Agronomy 2(3): 87-89.
- Bullard, R.W. and J.O York. 1985. Breeding for bird resistance in sorghum and maize. In Russell, G.E (Eds.). Plant breeding progress reviews. Butterworth, Surrey (1):193-222.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traoré, W.J.H van Berkel, and A.G.J Voragen. 2005. Evaluation of the effect of germination on content of phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. J. Agric. Food Chem. 53:2581-2588.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traoré, W.J.H van Berkel, and A.G.J Voragen. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. African Journal of Biotechnology 5 (5): 384-395.
- du Plessis, J. 2008. Sorghum production. Republic of South Africa Department of Agriculture. www.nda.agric.za/publications.

- Earp, C.F., C.M. McDonough, and L.W. Rooney. 2004. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Cereal Science* 39: 21–27.
- FAO. 2002. Sweet Sorghum in China. Spotlight 2000.
- Freeman, J.E. 1970. Development and structure of the sorghum plant and its fruit. *In* Joseph S. Wall dan William M. Ross (Eds.) *Sorghum production and utilization: major feed and food crops in agriculture and food series*. The Avi Publishing Company, Connecticut. Pp. 28-72.
- Gardner, B.R., B.L. Blad, R.E. Maurer, and D.G. Watt. 1981. Relationship between crop temperature and physiological and fenological development of differentially irrigated corn. *Agron. J.* 73: 743-747.
- Gerik, T., B. Bean, and R.L. Vanderlip. 2003. Sorghum growth and development. Texas Cooperative Extension Service.
- Hahn, D.H. and L.W. Rooney. 1986. Effect of genotype on tannins and phenols of sorghum. *Cereal Chem.* 63(1):4-8.
- Harlan, J.R. and de Wet. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Science* 12 (2):172-176.
- Hoeman, S. 2012. Prospek dan potensi sorgum sebagai bahan baku bioetanol. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Jakarta Selatan.
- House, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2ndEd. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics (ICRISAT). India. 206 p.
- Hunter, E.L. and I.C. Anderson. 1997. Sweet sorghum. *In* J. Janick (Eds.) *Horticultural reviews*. Vol. 21 Department of Agronomy Iowa State University. John willey & Sons.Inc. pp 73-104.
- IBPGR and ICRISAT. 1993. Descriptors for sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Rome, Italy: International Bureau of Plant Genetic Resources; and Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. 76 pp.
- Kladnik, A., P.S. Chourey, D.R. Pring, and M. Dermastia. 2006. Development of the endosperm of *Sorghum bicolor* during the endoreduplication-associated growth phase. *Journal of Cereal Science* 43:209-215.
- Lansac, A.R., C.Y. Sullivan, B.E. Johnson, and K.W. Lee. 1994. Viability and germination of the pollen of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Annals of Botany* 74: 27-33.
- Magness, J.R, G.M. Markle, and C.C. Compton. 1971. Grain sorghum, gramineae, sorghum bicolor (L.) Moench. Food and feed crops of the United States. Interregional Research Project IR-4, IR Bul.1. New Jersey Agricultural Experiment Station.

- Martin, J. H. 1970. History and classification of sorghum. *In* J.S. Wall and W.M. Ross (Eds.). Sorghum production and utilization. The Avi Publishing Co. Inc. Westport Connecticut. 702 p.
- Mudjishono dan Suprpto. 1987. Budidaya dan pengolahan sorgum. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pedersen, J.F., H.F. Kaeppler, D.J. Andrews, and R.D. Lee. 1998. Chapter 14. Sorghum *In* Banga S.S and S.K Banga (Eds.) Hybrid cultivar development. Springer-Verlag. India. p. 432-354.
- Pendleton, B.B., G.L. Teetes, and G.C. Peterson. 1994. Phenology of sorghum flowering. *Crop Science* 34(5):1263-1266.
- Prasad, P.V.V. dan S.A. Staggenborg. 2013. Growth and production of sorghum and millets. *Soils, Plant Growth and Crop Production*, Vol. 2. Departement of Agronomy Kansas State University. www.eolss.net/Eolss-sampleAllChapter.aspx
- PPV and FRA (Protection of Plant Varieties and Farmer's Rights Authority). 2007. *Plant variety journal of India* 1(1).
- Rao, S.S., N. Seetharama, K. Kumar K., and R.L. Vanderlip. 2004. Characterization of sorghum growth stages. National Research Center for Sorghum. Rajendragar Hyderabad India (Describes Growth Stages and Management Guide at each Stages of Sorghum Development).
- Rismunandar. 2006. *Sorgum tanaman serba guna*. Sinar Baru. Bandung. 71 p.
- Shoemaker, C.E. and D.I. Bransby. 2010. Chapter 9: the role of sorghum as a bioenergy feedstock *in* R. Braun, D. Karlen and D. Johnson (Eds.) *Proceeding of the Sustainable Feedstocks for Advance Biofuels Workshop: Sustainable alternative fuel feedstock opportunities, challenges, and roadmaps for six U.S. regions*. Pp 149-160.
- Singh, F., K.N. Rai, B.V.S Reddy, and B. Diwakar. 1997. Development of cultivars and seed production techniques in sorghum and pearl millet. Training manual. Training and Fellowships Program and Genetic Enhancement Division, ICRISAT Asia Center, India. Patancheru 502-324, Andhra Pradesh. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. India. 118 pp. (Semi-formal publication).
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. Analisis pertumbuhan tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Stephens, J.C. 1934. Anthesis, pollination, and fertilization in sorghum. *Journal of Agricultural Research* 49 (2):123-136.
- Sundara, K.D. and P. Marimuthu. 2012. Sweet sorghum stalk-an alternate agro based raw material for paper making. *IPPTA* 24(3):47-50.

- Vanderlip, R.L. and H.E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Agr. J. 64(1):13-16.
- Vanderlip, R.L. 1993. How a grain sorghum plant develops. Kansas State University.
- Waniska, R.D. 2000. Structure, phenolic compounds, and antifungal protein of sorghum caryopsis. In A. Chandrashekar, R. Bandyopadhyay, and A.J. Hall (eds.). Technical and institutional options for sorghum grain mold management: proceedings of an international consultation, 18-19 May 2000, ICRISAT, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics. Pp 72-106.
- Yulita, R. dan Risda. 2006. Pengembangan sorgum di Indonesia. Direktorat Budi daya Serealia. Ditjen Tanaman Pangan, Jakarta.

Plasma Nutfah Sorgum

Sigit Budi Santoso, M.S. Pabbage, dan Marcia B. Pabendon
Balai Penelitian Tanaman Sereal

PENDAHULUAN

Tanaman sereal merupakan sumber karbohidrat yang paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan di dunia, salah satunya adalah sorgum. Spesies *Sorghumbicolor* (L.) Moench merupakan tanaman sereal ke-5 terpenting setelah padi, gandum, jagung, dan barley, yang berfungsi sebagai bahan pangan utama di daerah *Semi-Arid Tropics* (SAT) Afrika, Asia, dan Amerika Latin (Dogget 1988, ICRISAT 2004, Bantilan *et al.* 2004). Produksi sorgum duniasekitar 70 juta ton dari luas panen 50 juta ha, dimanfaatkan oleh 500 jutaan manusia di lebih dari 30 negara (National Research Council 1996). Negara penghasil sorgum terbesar adalah Amerika Serikat (17,5 juta ton), India (12,4 juta ton), dan China (5,1 juta ton). Dalam skala luas, areal terbesar sorgum dimiliki oleh India (12,9 juta ha) dan Sudan (5,7 juta ha) (Stenhouse 1997).

Genus sorgum terdiri atas tipe liar (*wild*), *weedy* dan tipe budi daya dengan keragaman genetik yang sangat luas, baik inter maupun intraspesies. Dokumen tertua yang mendeskripsikan tanaman sorgum adalah pada abad pertama masehi oleh Pliny dalam *Historiae Naturalis* (House 1985, Dahlberg 2000). Referensi lain berasal dari penulis China (Zhanghua) pada abad ke-3 masehi, dalam *Records of Natural Science* dengan nama '*Sichuan broomcorn millet*' (Qingshan and Jeffrey 2001). Setelah periode tersebut banyak klasifikasi dan nama yang berbeda digunakan oleh berbagai penulis untuk tanaman sorgum. Pada tahun 1753, Linnaeus dalam bukunya *Species Plantarum* menempatkan sorgum sebagai genus *Holcus*. Kemudian pada tahun 1794 Moench memisahkan genus sorgum dari genus *Holcus*, dan tahun 1961 Clayton menyarankan *Sorghum bicolor* (L.) Moench sebagai nama yang tepat untuk sorgum budi daya sehingga tetap digunakan sampai saat ini (FAO 1995, House 1985).

Penelitian klasifikasi ras sorgum secara komprehensif dilakukan oleh Harlan dan de Wet (1972) yang menggolongkan ras *Sorghum bicolor* berdasarkan tipe malai dan morfologi biji sebagai kriteria pengelompokan 10.000 sampel malai. Mereka mengelompokkan semua taxa sorgum budi daya menjadi lima ras dasar dan 10 ras intermediate di bawah *S. bicolor* ssp. *bicolor* (Tabel 1).

Proses domestikasi tanaman adalah gabungan dari proses adaptasi alamiah dan hasil seleksi oleh manusia yang mengakibatkan meningkatnya

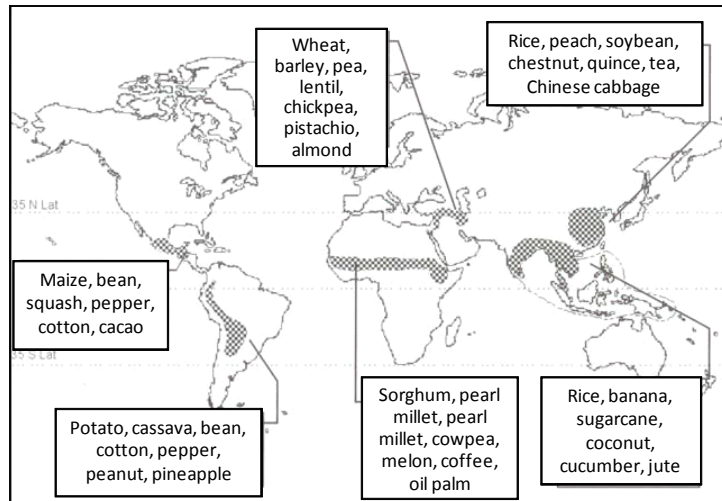
Tabel 1. Klasifikasi ras dasar dan ras intermedier sorgum budi daya.

Ras dasar Kode Ras		
1.	Ras bicolor	(B)
2.	Ras guinea	(G)
3.	Ras caudatum	(C)
4.	Ras kafir	(K)
5.	Ras durra	(D)
Ras intermediate Kode Ras		
1.	Ras guinea-bicolor	(GB)
2.	Ras caudatum-bicolor	(CB)
3.	Ras kafir-bicolor	(KB)
4.	Ras durra-bicolor	(DB)
5.	Ras guinea-caudatum	(GC)
6.	Ras guinea-kafir	(GK)
7.	Ras guinea-durra	(GD)
8.	Ras kafir-caudatum	(KC)
9.	Ras durra-caudatum	(DC)
10.	Ras kafir-durra	(KD)

Sumber: Harlan dan de Wet (1972)

adaptabilitas suatu tanaman pada lingkungan tertentu (Gepts 2004). Ragam sorgum yang ada saat ini berasal dari hibridisasi alami berbagai tipe liar, utamanya dari *Sorghum bicolor* subsp. *arundinaceum* (Dogget 1991). Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya subset alel yang sama dalam berbagai kultivar modern sorgum seperti dalam alel ssp. *arundineum* (Aldrich and Doebley 1992). Pendapat berbeda dikemukakan oleh De Wet (1978) yang menyimpulkan bahwa sorgum budi daya berasal dari *Sorghum verticilliflorum*, karena keragamannya yang luas selalu ditemukan pada wilayah budi daya sorgum (House 1985). Kedua teori tersebut dari segi taksonomi relatif sama, karena klasifikasi saat ini untuk ras liar (*arundinaceum*, *virgatum*, *aethiopium*, dan *verticilliflorum*) dimasukkan ke dalam ras *S. bicolor* ssp. *verticilliflorum* (Kimber 2000). Keragaman genetik yang luas dari spesies sorgum ditemukan pada daerah asal spesies (*center of origin*), dengan pusat keragaman utama di sub-Sahara dan Afrika Timur yang meliputi Ethiopia dan Sudan (Gambar 1). Sedangkan pusat sekunder keragaman genetik sorgum berada di China dan India (Henzell *et al.* 2009).

Berdasarkan keragaman komparatif morfologi sorgum Afrika, terdapat setidaknya tiga lokasi berbeda di Afrikayang mengindikasikan sorgum mulai dibudidayakan. Seleksi alami, seleksi petani, dan introgresi dengan tipe liar menyebabkan pada tiap lokasi domestikasi spesies sorgum mempunyai karakter morfologi yang relatif berbeda. Menurut Murdock (1959), suku Mande dari Nigeria adalah yang pertama kali membudidayakan sorgum, sekitar 5.000 tahun SM, bersamaan dengan tanaman asli Afrika lainnya. Dogget (1991) berdasarkan temuan arkeologi memberikan pendapat bahwa teknik



Gambar 1. Lokasi pusat domestikasi berbagai komoditas utama dunia.
(Sumber: Gepts 2004).

budi daya tanaman diintroduksi oleh orang-orang Mesir ke Ethiopia sekitar 3.000 tahun SM, sehingga pada waktu itu sorgum diperkirakan pertama kali mulai dibudidayakan (De Wet and Huckabay 1966, Kimber 2000).

Introduksi sorgum ke daratan China dari Afrika oleh pedagang China pada abad ke-8 menyebabkan terjadinya persilangan alami dengan tipe liar sehingga menghasilkan sorgum China (Kaoling grup) dengan karakteristik yang berbeda dibanding sorgum Afrika (National Research Council 1996). Hasil penelitian Djè *et al.* (2000) menunjukkan bahwa aksesori sorgum Asia memiliki tingkat keragaman genetik lokal yang rendah, tetapi perbedaan interaksi yang tinggi dibanding aksesori kelompok geografis lain.

Di antara spesies *Sorghum bicolor* yang paling banyak dibudidayakan adalah ras *bicolor*, dengan waktu domestikasi yang paling awal dan penyebaran paling luas. Sebaran *landraces* sorgum tidak hanya di Afrika tetapi merambah ke India, China, hingga Indonesia. Dengan berbagai karakteristik morfologi berbeda akibat adaptasi terhadap lingkungan tumbuh dan hibridisasi alami antarspesies (Kimber 2000) menghasilkan plasma nutfah sorgum dalam jumlah yang besar.

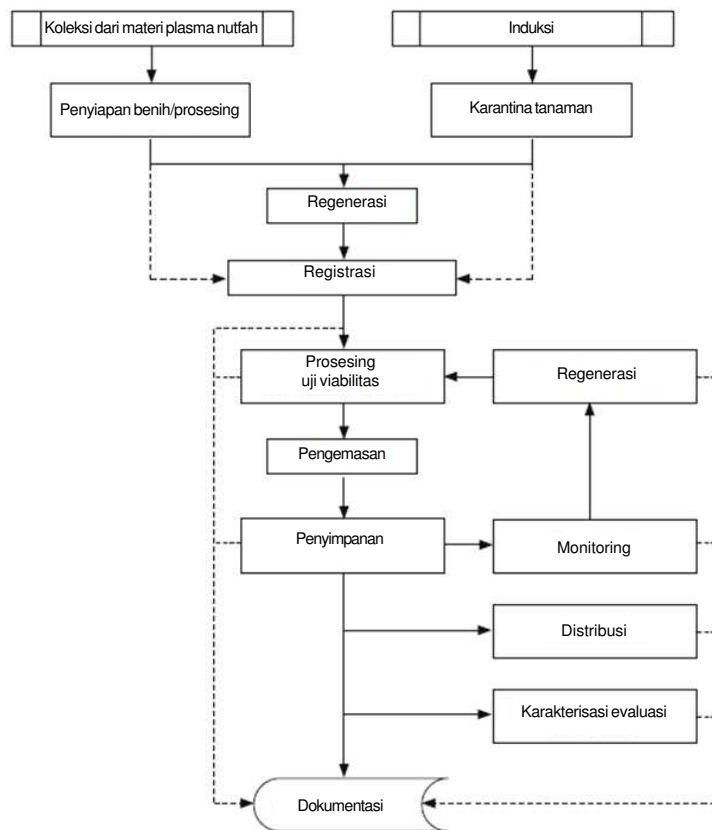
MANAJEMEN PLASMA NUTFAH SORGUM

Plasma nutfah merupakan kekayaan genetik intraspesies tanaman yang dapat diwariskan kepada keturunannya melalui gen/DNA pada kromosom

dalam sel embrionik dan diekspresikan dalam setiap sel individu progeninya (Schlegel 2010). Keragaman plasma nutfah dapat berasal dari kerabat liar (*wild type*), *landraces*, varietas lokal dan varietas introduksi maupun hasil variasi somaklonal. Untuk mempertahankan keragaman genetik koleksi perlu dilakukan berbagai langkah konservasi, secara *in-situ* maupun *ex-situ*. Keragaman genetik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai materi genetik dan donor gen untuk perbaikan berbagai karakter tanaman dalam program pemuliaan. Program pemuliaan tidak mungkin dilakukan tanpa keragaman genetik tinggi, sehingga ketersediaan koleksi plasma nutfah merupakan tahapan kritical program pemuliaan (Acquaah 2007). Pentingnya keragaman genetik plasma nutfah dalam program pemuliaan adalah kontribusinya yang besar dalam peningkatan harkat genetik melalui tahapan rekombinasi dan seleksi. Introgresi alel-alel dari tetua donor ke dalam galur atau varietas, yang akan ditingkatkan penampilannya, merupakan strategi pemanfaatan plasma nutfah. Ketersediaan informasi keragaman genetik juga membantu proses klasifikasi plasma nutfah membentuk *heterotic group*, yang bermanfaat dalam pemilihan tetua varietas hibrida (Menz *et al.* 2004, Burow *et al.* 2012).

Manajemen plasma nutfah dalam fungsi utamanya untuk konservasi dan menyediakan materi genetik sebagai donor gen dalam program pemuliaan tanaman meliputi berbagai tahapan. Gambar 2 memperlihatkan tahapan, mulai dari koleksi hingga dokumentasi plasma nutfah. Tahap koleksi bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik, dengan cara koleksi plasma nutfah lokal, *landraces*, kerabat liar atau introduksi antar-institusi dalam rangka *germplasm sharing*. Materi koleksi diberi nomor registrasi kemudian diperbanyak melalui tahap regenerasi/rejuvinasi. Sebagian benih hasil rejuvinasi disimpan sebagai *base collection*, sedangkan sebagian besar digunakan dalam kegiatan karakterisasi dan evaluasi. Informasi yang diperoleh dapat menyaring akses potensial untuk digunakan dalam peningkatan mutu genetik varietas, dari aspek produktivitas serta ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik.

Koleksi plasma nutfah sorgum merupakan kegiatan yang esensial untuk mencari dan mengumpulkan keragaman genetik plasma nutfah. Hal ini penting dilakukan karena varietas sorgum dan strain lokal terdesak oleh komoditas pangan lain yang secara ekonomi lebih menguntungkan. Banyak daerah di Indonesia yang selama ratusan tahun menanam sorgum untuk pangan dan pakan tetapi kini mulai terdesak oleh tanaman jagung. Sorgum yang dulu banyak ditanam di beberapa daerah Jawa Tengah (cantel), NTT (pena mina), dan NTB (buleleng empok) mulai berkurang dan perlahan-lahan hilang. Oleh karena itu, kegiatan koleksi bermanfaat untuk mencegah terjadinya erosi genetik. Koleksi juga membantu terjadinya proses *gap filling*, yaitu keharusan mengoleksi jika akses dengan nama dan origin yang sama



Gambar 2. Prosedur umum manajemen penyimpanan plasma nutfah.
Sumber: Rao *et al.* (2006).

berkurang atau hilang dalam koleksi *genebank* (Rao *et al.* 2006). Dalam kurun waktu 3 tahun terakhir Balai Penelitian Tanaman Serealia berhasil mengoleksi 52 aksesori plasma nutfah sorgum dari varietas lokal (Tabel 2).

Kegiatan eksplorasi, koleksi, dan konservasi sorgum dimulai pada tahun 1960 atas inisiatif *Rockefeller Foundation* bekerjasama dengan *Indian Agricultural Research Programme*. Hasil koleksi dikelola oleh *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT) di Hyderabad, India, pada tahun 1974. Ekplorasi dilakukan ICRISAT pada tahun 1975-1997 oleh 32 misi ke berbagai lokasi yang kaya keragaman genetik, menghasilkan 8.898 aksesori sorgum (Rao *et al.* 2004). Saat ini ICRISAT menyimpan 35.186 aksesori plasma nutfah sorgum yang berasal dari 90 negara. Koleksi terdiri atas 29.474 aksesori *landraces*, 418 aksesori kerabat liar, 935 aksesori tanpa klasifikasi, dan 4.359 aksesori kultivar dan galur elit (Stenhouse *et al.* 1997).

Tabel 2. Koleksi plasma nutfah sorgum 2010-2012, Balitsereal, Maros.

Lokasi	Hasil koleksi
Sulawesi Selatan	10 aksesi
Nusa Tenggara Timur	18 aksesi
Nusa Tenggara Barat	7 aksesi
Jawa Barat	4 aksesi
Jawa Tengah	9 aksesi
D.I. Yogyakarta	2 aksesi
Jawa Timur	2 aksesi
Total	52 aksesi

Koleksi plasma nutfah sorgum yang besar juga dimiliki oleh *United State Departement of Agriculture* (USDA), Amerika Serikat, sebanyak 45.609 aksesi yang berasal dari seluruh dunia (Burow *et al.* 2012). Negara yang menyimpan plasma nutfah sorgum terbesar adalah China, dimana National Genebank of China (NGBC) menyimpan lebih dari 160.000 aksesi, 120.000 aksesi di antaranya adalah sorgum *landraces* asli China (sorgum Kaoling) (Li *et al.* 2010).

Pentingnya eksplorasi, koleksi, dan konservasi *ex situ* untuk mencegah erosi genetik harus diimbangi dengan manajemen yang baik dalam konservasi, khususnya fasilitas penyimpanan koleksi. Semakin bertambahnya jumlah aksesi menjadi beban bagi pengelola *genebank*. Beberapa peneliti mengemukakan perlunya pemisah antara *core collection*, disamping *base collection* dan *active collection* yang telah ada. *Core collection* adalah sejumlah koleksi terbatas dari keseluruhan plasma nutfah tetapi memiliki sebanyak mungkin keragaman, yang mewakili spektrum keragaman genetik koleksi plasma nutfah (Brown 1995). Jumlah koleksi ini 5-20% dari total aksesi yang ada. Contoh adalah *core collection* di ICRISAT dengan jumlah 600 aksesi dari total ± 40.000 aksesi (1,5%) (Van Hintum *et al.* 2000). Secara rinci Gambar 3 menjelaskan organisasi setiap golongan koleksi, cakupan, dan kedudukan masing-masing golongan koleksi, mulai dari keragaman plasma nutfah yang ada hingga tingkatan *nucleus sample* (Glaszmann *et al.* 2010).

KONSERVASI DAN REJUVENASI

Kegiatan konservasi secara *ex situ* didasarkan pada pertimbangan bahwa perubahan lingkungan dan pergantian komoditas dapat membuat hilangnya plasma nutfah setempat, dan konservasi *in situ* sulit atau tidak dapat dilaksanakan. Esensi dari konservasi *ex situ* adalah

Gambar 3. Organisasi dan akses untuk manajemen plasma nutfah.
Sumber: Glaszmann *et al.* (2010)

mempertahankan plasma nutfah secara berkelanjutan sebagai sumber genetik dalam perbaikan varietas dan duplikasi varietas lokal. Jika suatu saat petani membutuhkan kembali varietas yang hilang, *genebank* mempunyai koleksinya dan dapat memberikannya ke petani (Hamilton and Chorlton 1997).

Berdasarkan fungsi dan lama penyimpanan terdapat tiga jenis koleksi, yaitu (1) *base collection* (koleksi dasar), (2) *active collection* (koleksi aktif), dan (3) *working collection* (koleksi kerja).

1. Koleksi dasar: Kumpulan aksesori dengan karakter khusus dan dapat dibedakan antaraksesi. Selain itu mempunyai morfologi dan karakter yang sama dengan koleksi awalnya, dan disimpan untuk jangka waktu yang panjang (> 10 tahun). Kondisi tempat penyimpanan adalah pada suhu -5°C hingga -20 °C dan RH yang rendah (< 10 %).
2. Koleksi aktif: Kumpulan aksesori yang dapat langsung digunakan dalam berbagai kegiatan penelitian. Fokus utama adalah pada penggunaan dan penyaringan aksesori potensial untuk digunakan dalam program pemuliaan. Selain itu koleksi aktif juga digunakan oleh intra dan interinstitusi untuk *germplasm sharing*. Kondisi tempat penyimpanan adalah pada suhu 4 °C hingga -5 °C dan RH 20% dengan waktu simpan < 5 tahun.

3. Koleksi kerja: Kumpulan aksesori hasil berbagai evaluasi yang telah digunakan dalam program pemuliaan dan biasanya termasuk galur-galur lanjut (*elite lines*). Penggunaan koleksi kerja terbatas pada pemulia dan aktif digunakan dalam berbagai siklus pemuliaan sehingga harus terus direjuvinasi setiap tahun. Kondisi tempat penyimpanan adalah pada suhu 4°C hingga 16°C dan RH 20-50 % dengan waktu simpan < 1 tahun.

Keterbatasan koleksi aktif untuk kegiatan penelitiannya menurunkan viabilitas benih dalam *cold storage* mengharuskan dilakukannya rejuvinasi aksesori. Aksesori dengan daya kecambah < 50% dan atau jumlah benih < 100 g ditanam minimal empat baris plot (5 m) dengan jarak tanam 75 cm x 20 cm. Untuk rejuvinasi tanaman sorgum, jumlah tanaman/lubang maksimal dua tanaman. Sorgum termasuk tanaman menyerbuk sendiri (*self pollinated crops*) seperti padi, tetapi potensi *cross pollination* berkisar antara 5-25%, bergantung pada kultivar dan kondisi lingkungan (House 1985). Pernah dilaporkan *cross pollination* sorgum mencapai 50% (Dogget 1988).

Untuk mencegah terjadinya kontaminasi polen asing maka teknik rejuvinasi sorgum menggunakan *selfing bags* sebelum malai anthesis. Kantung malai yang terbuat dari kertas roti disungkupkan pada malai yang akan berbunga, kemudian dilepas setelah 3 minggu untuk membantu mengeringkan benih pada saat masak fisiologis. Malai yang dipanen kemudian diseleksi terhadap infestasi cendawan dan hama, kemudian malai hasil seleksi minimal 30 buah dikumpulkan (*bulk*) menjadi satu (Rao *et al.* 2004). Sebelum dikemas, benih terlebih dahulu dikeringkan hingga kadar air < 12%. Hasil rejuvinasi dipisahkan sesuai jenis, koleksi kemudian dikemas dalam wadah kedap udara dan disimpan dalam *cold storage*. Tabel 3 memperlihatkan hasil rejuvinasi aksesori sorgum Balitsereal pada 2012, dengan kisaran hasil 34-3.987 g. Jumlah hasil rejuvinasi yang sedikit disebabkan oleh serangan hama burung yang cukup tinggi, khususnya aksesori dengan kadar tanin rendah.

Karakterisasi dan Evaluasi

Karakterisasi Agronomis

Pemulia tanaman dalam proses perakitan varietas unggul selalu berusaha mencari sumber genetik potensial untuk meningkatkan penampilan galur dan varietas yang ada. Tujuan perbaikan sifat meliputi toleransi terhadap cekaman lingkungan dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Koleksi plasma nutfah sorgum dengan keragaman genetik yang luas antarras dasar maupun ras intermediate diharapkan memiliki sifat tersebut. Dengan

Tabel 3. Koleksi plasma nutfah dan hasil rejuvinasi sorgum Balitsereal, 2012.

No.	Nama akses	Asal	Hasil rejuvinasi
1.	4-183	Introduksi	630
2.	15011	Introduksi	938
3.	15103A	Introduksi	3.250
4.	67388	Introduksi	188
5.	1090A	Introduksi	916
6.	1111C	Introduksi	270
7.	15011B	Introduksi	872
8.	15020A	Introduksi	660
9.	15020B	Introduksi	930
10.	15021A	Introduksi	1.357
11.	1506A	Introduksi	3.314
12.	15105C	Introduksi	646
13.	15105D	Introduksi	782
14.	15131B	Introduksi	672
15.	Lolo Tisi	Kab. Sikka, NTT	34
16.	Lattu Mee	Kab. Bima, NTB	3.987
17.	4-183 A	Introduksi	998
18.	4-183 B	Introduksi	2.856
19.	Lokal Gandrung	Jawa Tengah	738
20.	Lokal Riyan	Kab. Tuban, Jatim	594
21.	5193B	Introduksi	3.257
22.	5193C	Introduksi	1.944
23.	Batara Tojeng	Kab. Selayar, Sulsel	906
24.	Buleleng empok	Kab. Lombok Timur, NTB	494
25.	Cantel Solo	Jawa Tengah	1.806
26.	Pela Hii	Kab. Rote Ndao, NTT	3.096
27.	Pela Hii (Rote barat laut)	Kab. Rote Ndao, NTT	1.350
28.	Pela Hii A	Kab. Rote Ndao, NTT	1.388
29.	Pela Hii A (Rote Tengah)	Kab. Rote Ndao, NTT	402
30.	Penamina	Kab. Rote Ndao, NTT	332
31.	Selayar hitam	Kab. Selayar, Sulsel	594
32.	Sorgum malai mekar	Kab. Rote Ndao, NTT	886

informasi yang lengkap karakter agromorphological dan ketahanan abiotik/ biotik, introgresi gen-gen superior akan lebih efektif. Inkorporasi sumber genetik baru akan meningkatkan *genetic base* dan memperluas cakupan *gene pool* (Reddy *et al.* 2004, Aruna and Audilakshmi 2007).

Proses penyaringan (*screening*) akses plasma nutfah sorgum dilakukan melalui penelitian karakterisasi agronomis dan evaluasi terhadap cekaman abiotik/biotik. Hasil karakterisasi agronomis plasma nutfah sorgum di Balitsereal menggunakan deskriptor sorgum IBPGR dan ICRISAT (1993) serta *International Union for the Protection of New Varieties of Plants* (UPOV) (1989) dicantumkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Klasifikasi ras dasar plasma nutfah sorgum. Balitsereal, 2012.

Ras sorgum	Jumlah aksesi
Bicolor	13 aksesi
Caudatum	7 aksesi
Durra	0 aksesi
Guinea	0 aksesi
Kafir	16 aksesi

Tabel 5. Hasil karakterisasi agronomis 36 aksesi sorgum. Balitsereal, 2012.

Karakter agronomis	Kisaran karakter	Jumlah aksesi
Tinggi tanaman	Sangat pendek (<76 cm)	0 aksesi
	Pendek (76-150 cm)	4 aksesi
	Sedang (151-225 cm)	23 aksesi
	Tinggi (226-300 cm)	9 aksesi
	Sangat tinggi (>300 cm)	0 aksesi
Tipe malai	Cabang primer terkulai sangat terbuka	6 aksesi
	Cabang primer tegak sangat terbuka	5 aksesi
	Cabang primer terkulai terbuka	12 aksesi
	Cabang primer tegak agak terbuka	4 aksesi
	Cabang primer terkulai agak terbuka	6 aksesi
	Agak kompak/padat, lonjong	1 aksesi
	Seperti sapu pendek	2 aksesi
Panjang malai tanpa tangkai malai	Sangat pendek (<11 cm)	1 aksesi
	Pendek (11-20 cm)	25 aksesi
	Sedang (21-30 cm)	9 aksesi
	Panjang (31-40 cm)	0 aksesi
	Sangat panjang (>40 cm)	1 aksesi
Tangkai malai: panjang terlihat diatas selubung daun	Tidak ada atau sangat lemah(<5,1 cm)	19 aksesi
	Pendek (5,1-10 cm)	12 aksesi
	Sedang (10,1-15 cm)	4 aksesi
	Panjang (15,1-20 cm)	0 aksesi
	Sangat panjang (>20 cm)	1 aksesi
Bobot biomas total (tanaman sampel)	Rendah (< 1 kg)	0 aksesi
	Sedang (1,1-3 kg)	14 aksesi
	Tinggi (3,1-5 kg)	19 aksesi
	Sangat tinggi (> 5 kg)	3 aksesi
Bobot biomas batang (tanaman sampel)	Rendah (< 1 kg)	2 aksesi
	Sedang (1,1-3 kg)	33 aksesi
	Tinggi (3,1-5 kg)	1 aksesi
	Sangat tinggi (> 5 kg)	0 aksesi
Kadar gula batang (% brix)	Rendah (< 10)	23 aksesi
	Sedang (10-15)	13 aksesi
	Tinggi (16-20)	0 aksesi
	Sangat tinggi (> 21)	0 aksesi
Jumlah nira (tanaman sampel)	Rendah (<50 ml)	0 aksesi
	Sedang (51-150 ml)	6 aksesi
	Tinggi (151-250 ml)	11 aksesi
	Sangat tinggi (>250 ml)	19 aksesi

Dari 36 aksesori plasma nutfah sorgum terdiri atas tiga ras dasar (bicolor, caudatum, dan kafir) berdasarkan tipe malai dan bentuk biji (Tabel 4). Sebagian besar ras bicolor berasal dari koleksi *landraces* dan varietas lokal NTT, NTB, dan varietas Selayar. Kelompok ras kafir juga terdapat pada koleksi sorgum di Indonesia. Kelompok caudatum umumnya berasal dari varietas introduksi.

Keberhasilan program pemuliaan tanaman terutama bergantung pada data dan informasi tentang keragaman sumber genetik koleksi, sehingga seleksi menjadi lebih efektif (Becelaere *et al.* 2005). Informasi karakterisasi pada Tabel 5 dapat dijadikan acuan oleh pemulia dalam memilih aksesori potensial sesuai dengan arah dan tujuan pemuliaan sorgum. Karakter kadar gula batang membagi aksesori menjadi dua kelompok, dengan hasil 13 aksesori sorgum mengandung kadar brix sedang. Hal ini dapat dibandingkan dengan karakter jumlah nira tinggi, sehingga pemuliaan sorgum batang manis diarahkan untuk mendapatkan varietas unggul dengan kadar brix dan jumlah nira tinggi. Untuk memperoleh genotipe dengan hasil biji tinggi, arah seleksi difokuskan pada aksesori dengan tipe malai yang kompak, padat, dan postur tanaman sedang. Pedoman untuk pengamatan tipe malai disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4. Kepadatan dan bentuk malai sorgum.
Sumber: IBPGR and ICRISAT(1993).

Tabel 6. Evaluasi potensi hasil biji dan ketahanan terhadap hama aphids, plasma nutfah sorgum Balitsereal, 2006.

Karakter	Jumlah aksesi	Kisaran karakter	Jumlah aksesi
Hasil biji	61	Rendah (< 1 t/ha)	19 aksesi
		Sedang (1,1-2 t/ha)	30 aksesi
		Tinggi (2,1-3 t/ha)	9 aksesi
		Sangat tinggi (3,1-4 t/ha)	3 aksesi
Bobot 1.000 butir	61	Rendah (< 15 g)	5 aksesi
		Sedang (16- 25 g)	16 aksesi
		Tinggi (26-35 g)	37 aksesi
		Sangat tinggi (> 36 g)	3 aksesi
Skoring populasi aphids	49	Tidak ada serangan	19 aksesi
		Hanya serangan dewasa	21 aksesi
		Terdapat beberapa koloni	5 aksesi
		Terdapat banyak koloni	4 aksesi

Hasil evaluasi plasma nutfah sorgum menunjukkan terdapat aksesi dengan potensi hasil biji > 3 t/ha (Tabel 6). Karakter bobot 1.000 biji menunjukkan tiga aksesi dengan kategori sangat tinggi (> 36 g).

Karakterisasi agronomis dapat digunakan sebagai metode sederhana untuk memisahkan aksesi menjadi kelompok (*cluster*) berdasarkan nilai *similarity* atau *dissimilarity*, kemudian digunakan untuk melihat pola heterotik dan jarak genetik aksesi (Ali *et al.* 2008). Walaupun karakterisasi *agro-morphological* dipengaruhi oleh lingkungan dan rentang waktu penelitian yang lebih panjang, metode karakterisasi agronomis mampu membuat estimasi jarak genetik secara tidak langsung (*indirect*) dan praktis membantu mengidentifikasi pola heterotik antara aksesi. Selain itu, dapat membantu melihat kemajuan tahapan evaluasi aksesi sorgum (Geleta *et al.* 2006). Kegiatan ini akan menunjang program pemuliaan, khususnya dalam pembentukan varietas hibrida. Keuntungan lain dari karakterisasi agronomis adalah mengidentifikasi tingkat keragaman genetik plasma nutfah yang sama dalam koleksi, sehingga menghindari terjadinya duplikasi koleksi (Wang *et al.* 2013).

Hasil uji UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) 36 aksesi plasma nutfah berdasarkan karakter agronomis diperlihatkan pada Gambar 5. Pada nilai Euclidian 3.716, aksesi terbagi menjadi enam *cluster* dengan jumlah yang bervariasi. Kelompok (*cluster*) I memiliki jumlah aksesi terbanyak yang 15 aksesi, *cluster* II terdiri atas 13 aksesi dan *cluster* V tiga aksesi. Untuk tiga *cluster* lainnya masing-masing terdiri atas satu aksesi dan berasal dari lokasi yang berbeda. Sorgum malai mekar berasal dari Rote Ndao NTT, Gandrung dari Jawa Tengah dan Lolo Merah dari Ende NTT. Walaupun tidak akurat menjelaskan jarak genetik dibandingkan dengan

Gambar 5. Dendogram 36 aksesori sorgum berdasarkan karakter agronomis. Balitsereal, 2012.

marka molekuler, metode karakterisasi agronomis menyediakan data awal bagi pemulia dalam menentukan pilihan materi genetik. Hal ini bermanfaat untuk penelitian dengan dana terbatas dan fasilitas laboratorium biologi molekuler yang belum memadai.

Karakterisasi Plasma Nutfah Menggunakan Marka SSRs

Identifikasi keragaman genetik secara konvensional menggunakan data agronomis memiliki kelemahan deteksi genotipe karena dipengaruhi oleh lingkungan. Pengelompokan plasma nutfah tidak mencerminkan perbedaan genetik aksesori secara akurat. Marka molekuler dipakai sebagai sarana yang lebih cepat dan teliti dalam mengelompokkan aksesori dan menghitung jarak genetik. Marka *Simple Sequence Repeats* (SSRs) banyak digunakan dalam *genome analysis* tanaman sorgum, baik sorgum biji maupun sorgum manis. Kelebihan teknik SSRs bermanfaat dalam menganalisis struktur koleksi plasma nutfah karena sifatnya yang *co-dominant*, *multiallelic*, *highly polymorphic*, dan *chromosome specific* (Ali *et al.* 2008).

Karakterisasi marka molekuler menggunakan 20 marka SSRs pada plasma nutfah sorgum Balitsereal dilakukan pada tahun 2011 dengan jumlah 77 aksesori (Tabel 7). Dari 77 aksesori yang diuji, lima aksesori merupakan plasma

Tabel 7. Karakterisasi plasma nutfah sorgum menggunakan 20 marka SSR.Balitserreal, 2011.

No.	Nama aksesi	No.	Nama aksesi
1	Buleleng NTB	40	ICSV88-3-2-2
2	GD33717	41	ICSV88-9-2-4
3	Hermada Amerika	42	ICSV88-9-3-4
4	Lokal Jeneponto	43	ICSV88-13-1-2
5	Mandau	44	ICSV88-40-1-1
6	NJJ1	45	Irat21-3-3
7	SPV351	46	Irat28-3-1
8	UPCA-S1	47	Irat31-1-2
9	1115A	48	Irat31-1-3
10	15003A	49	Irat39-1-4
11	15003A	50	Irat39-2-1
12	15108B	51	Irat47-1-2
13	20503D	52	Irat47-2-3
14	Span93033	53	Irat93-3-1
15	Span94017	54	Irat93-3-2
16	Span94020	55	15019B
17	Span94030	56	4-183A
18	ICSV1-12-1-1	57	15011A
19	ICSV1-23-3-3	58	15020A
20	ICSV1-30-1-1	59	15021A
21	ICSV1-30-1-2	60	15105B
22	ICSV1-35-2-2	61	Watar Hammu Putih
23	ICSV1-35-2-3	62	15011B
24	ICSV1-36-1-1	63	1090A Merah
25	ICSV1-36-1-2	64	15105B
26	ICSV1-40-1-1	65	15131B
27	ICSV1-41-1-1	66	15105D
28	ICSV1-41-2-1	67	1508B
29	ICSV1-48-1-3	68	Buleleng Empok
30	ICSV1-49-1-3	69	67388
31	ICSV1-49-2-2	70	4-183AP
32	ICSV1-76-3-1	71	15006A
33	ICSV57-55-1-1	72	Buleleng Merah
34	ICSV57-55-1-2	73	1090AP
35	ICSV57-80-1-1	74	5-193B
36	ICSV57-80-1-4	75	15051B
37	ICSV57-80-2-1	76	Numbu
38	ICSV57-80-4-1	77	Kawali
39	ICSV57-80-4-2		

Sumber: Pabendon *et al.* (2011).

nutfah lokal Indonesia (Buleleng NTB, Lokal Jeneponto, Watar Hammu Putih, Buleleng Empok, dan Buleleng Merah). Tiga aksesi adalah varietas yang telah dilepas (Mandau, Kawali, dan Numbu), sedangkan 69 aksesi merupakan galur introduksi dari ICRISAT.

Semua plasma nutfah sorgum yang dikarakterisasi dapat dibedakan berdasarkan lokus-lokus SSR yang digunakan dalam penelitian. Data keragaman alelik pada setiap lokus SSRs disajikan pada Tabel 8. Total alel yang diperoleh adalah 104 alel dengan kisaran 2-10 alel dan rata-rata 4,7 alel/lokus. Nilai *Polymorphism Information Content* (PIC) berkisar antara 0,15-0,95 dengan rata-rata 0,61. Tingkat polimorfisme paling rendah adalah pada lokus Xtxp 197 (0,15%) dan paling tinggi pada lokus Xtxp 343 (0,89%). Tingkat polimorfisme yang tinggi mengindikasikan variasi genetik di antara genotipe yang dianalisis cukup besar. Jika keragaman genetik yang diperoleh makin tinggi akan lebih leluasa memilih karakter-karakter yang diinginkan untuk melakukan rekombinasi dalam perbaikan varietas.

Hasil analisis kluster atau pengelompokan berdasarkan UPGMA terhadap matriks kemiripan genetik diperoleh dendrogram melalui analisis NTSYSpc_2,1 (Gambar 6). Koefisien korelasi kofenetik (r) pada penelitian ini 0,79 yang tergolong *good fit* (Rohlf 2000) menunjukkan bahwa jumlah primer yang digunakan cukup memadai untuk membentuk dendrogram.

Tabel 8. Profil 20 SSR sorgum hasil karakterisasi 77 aksesi koleksi plasma nutfah sorgum.

Primer	Polimorfisme (%)	Jumlah alel/ lokus	Kisaran basa (bp)
Xtxp 317	0,61	5	157,12-177,79
Xtxp 141	0,70	7	133,71-165,54
Xtxp 159	0,67	5	174,68-196,73
Xtxp 95	0,66	5	73,35-92,66
Xtxp 208	0,33	2	258,78-26,68
Xtxp 279	0,68	6	256,15-281,19
Xtxp 149	0,37	2	180,75-184,25
Xtxp 343	0,90	11	142,75-275,00
Xtxp 312	0,82	10	145,50-230,62
Xtxp 358	0,63	2	196,93-200,00
Xtxp 303	0,55	4	140,00-160,80
Xtxp 217	0,95	6	165,22-185,77
Xtxp 354	0,52	4	285,16-304,11
Xtxp 197	0,15	2	327,91-332,75
Xtxp 205	0,88	5	191,55-211,02
Xtxp 309	0,23	3	95,66-102,76
Xtxp 258	0,81	7	173,68-235,63
Xtxp 145	0,38	6	220,41-252,10
Xtxp 299	0,51	4	194,93-227,47
Xtxp 289	0,77	8	185,58-223,59
Total		104	
Rata-rata	0,61	5	73,34-332,75

Sumber: Pabendon *et al.* (2011)

Gambar 6. Dendrogram 77 aksesii koleksi plasma nutfah sorgum berdasarkan kemiripan genetik berbasis marka SSR menggunakan 20 lokus SSR.

Pejic *et al.* (1998) mengemukakan bahwa nilai koefisien korelasi kofenetik menggambarkan akurasi pengelompokan secara genotipik, yang dapat dihasilkan berdasarkan estimasi kemiripan genetik di antara galur yang dikarakterisasi dengan jumlah primer yang digunakan. Rohlf (2000) mengemukakan bahwa semakin banyak primer polimorfisme yang digunakan maka nilai r akan semakin besar, dimana nilai $r > 0,9$ (*very good fit*), $0,8 < r < 0,9$ (*good fit*), $0,7 < r < 0,8$ (*poor fit*), dan $r < 0,7$ (*very poor fit*).

Gambar 6 menunjukkan hampir semua aksesii dapat dibedakan antara satu aksesii dengan aksesii lainnya. Angka yang berada di atas garis menunjukkan tingkat kepercayaan pengelompokan berdasarkan analisis

bootstrapping menggunakan program *winboot*. Semakin tinggi tingkat kepercayaan pengelompokan semakin kuat galur dalam kelompok tersebut. Tingkat kekerabatan (*genetik similarity*) yang diuji berkisar antara 0,15-0,90. Berdasarkan dendrogram yang terbentuk, bila ditarik garis memotong pada skala tingkat kekerabatan 0,31 terbentuk enam kelompok (*cluster*), dan terdapat lima genotipe yang berdiri sendiri, yaitu Buleleng NTB, 15019B, ICSV141-2-1, 15011B, dan Buleleng Merah. Kluster A terdiri atas empat aksesori, kluster B lima aksesori, kluster C dua aksesori, kluster D 38 aksesori, kluster E 25 aksesori, dan kluster F tiga aksesori (Pabendon *et al.* 2011).

Dokumentasi Data dan Informasi

Data plasma nutfah mulai dari data passport, rejuvinasi, karakterisasi, dan evaluasi harus dikompilasi dalam dokumentasi plasma nutfah. Kegiatan ini penting karena efektivitas dan efisiensi pemanfaatan aksesori bergantung pada aksesibilitas pusat data yang ada. Oleh karena itu perlu dikelompokkan semua data yang ada ke dalam sistem informasi yang baik dan mudah diakses oleh pengguna (IPGRI 2003). Dokumentasi dalam hubungannya dengan sumber genetik adalah suatu tahapan proses dokumentasi, mulai dari mengidentifikasi, memperoleh, mengklasifikasi, menyimpan, manajemen informasi, dan diseminasi informasi plasma nutfah yang dikoleksi. Dokumentasi juga berarti pengelolaan dari sebuah sistem data dan informasi yang akan disimpan dalam pusat data (*database*) (Painting *et al.* 1995). Sistem pusat data yang lengkap umumnya terdiri atas tiga tipe data: 1) passport data yang menyediakan informasi asal aksesori (nama lokal, daeral asal), 2) data karakterisasi dan evaluasi, yaitu informasi yang mendeskripsikan fenotipe dan keunggulan aksesori, 3) data penyimpanan aksesori, yang mencantumkan lokasi penyimpanan, jumlah benih, distribusi benih pada *cold storage*. Selain itu keamanan data dalam pusat data harus terjamin untuk menghindari terjadinya modifikasi atau kehilangan data (IPGRI 2003).

Sistem pusat data yang baik harus dapat menyimpan, mengunduh, dan memproses data, sehingga mampu menghasilkan informasi dari semua kegiatan plasma nutfah, yang bertujuan mendukung konservasi, manajemen, dan penggunaan plasma nutfah (Bioversity 2009). Pemanfaatan pusat data dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. Kualitas informasi: Mengacu pada akurasi, presisi, kelengkapan, aktualitas dan sumber data
2. Aksesibilitas informasi: Mengacu pada kemudahan dalam mendapatkan dan menggunakan informasi yang tersimpan.
3. Presentasi informasi: Berkaitan dengan kemampuan sistem untuk membentuk dan meringkas informasi sesuai dengan keinginan pengguna.

Dokumentasi data dan informasi plasma nutfah mengharuskan setiap aksesori memiliki kelengkapan informasi, baik untuk koleksi dasar, koleksi aktif, maupun koleksi kerja. Contoh kartu aksesori tunggal untuk koleksi dasar diperlihatkan pada Tabel 9, mengacu kepada Painting *et al.* (1995). Dalam kartu aksesori terdapat informasi penting aksesori, mulai dari asal (*origin*) aksesori, rejuvenasi aksesori, uji viabilitas, dan lokasi penyimpanan.

Dengan informasi yang lengkap dan aksesibilitas yang mudah bagi pengguna maka efektivitas penggunaan plasma nutfah diharapkan meningkat. Selain itu, prioritas dan perencanaan kegiatan plasma nutfah lebih tepat dan jelas. Hal ini berkaitan dengan waktu yang tepat untuk rejuvenasi dan perbanyak benih berdasarkan uji viabilitas, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai koleksi aktif atau koleksi kerja.

Penampilan aksesori dalam karakterisasi agronomis ditampilkan dalam data tabel yang mendeskripsikan fenotipe aksesori. Untuk lebih memudahkan pemulia/pengguna dalam memilih aksesori sesuai dengan program pemuliaannya maka dokumentasi juga menyertakan informasi fotografis aksesori. Hasil fotografis membantu pemulia untuk membandingkan data karakterisasi dengan visualisasi nyata aksesori. Khusus untuk tanaman sorgum dengan keragaman tinggi dalam bentuk malai dan biji walaupun masih dalam satu aksesori, menunjukkan dokumentasi fotografis biji aksesori plasma nutfah sorgum yang berasal dari karakterisasi agronomis sorgum 2012. Keragaman terlihat mulai dari tipe penutupan dan warna glume, warna biji, dan bentuk biji. Program pemuliaan yang diarahkan pada sorgum hasil biji tinggi dan orientasi untuk pangan, berdasarkan dokumentasi fotografis akan memilih sorgum yang mudah terlepas dari glume sehingga mudah disosoh. Sorgum pangan harus memiliki kadar tanin yang rendah, sehingga akan dipilih sorgum dengan warna biji putih dan bentuk biji yang bulat atau oval.

Tabel 9. Kartu aksesori tunggal untuk koleksi dasar.

Nama Varietas	Koleksi dasar		
No. Aksesori	Asal aksesori		
Nama Ilmiah	Bobot 1000 butir		
Tanggal akuisisi	Jumlah minimum		
No. ID Donor	benihsimpan		
	Batch 1	Batch 2	Batch 3
Tanggal batch .....	.....	.....	.....
Jumlah benih .....	.....	.....	.....
Kadar air .....	.....	.....	.....
Lokasi .....	.....	.....	.....
Uji viabilitas benih			
Batch	Tanggal uji	% viabilitas	Tanggal uji lanjut
.....			
.....			

Dengan menggabungkan data karakter agronomis dan dokumentasi fotografis, pemilihan aksesori akan lebih efektif sehingga mempermudah proses seleksi.

PEMANFAATAN PLASMA NUTFAH

Pemanfaatan plasma nutfah sorgum dalam perakitan varietas unggul harus terlebih dahulu harus ditunjang oleh pusat data yang lengkap. Informasi yang akurat dan aktual dari berbagai kegiatan karakterisasi dan evaluasi membantu mempercepat proses pemuliaan sorgum. ICRISAT yang menggunakan beragam jenis ras sorgum dalam program pemuliaannya berhasil meningkatkan hasil biji sorgum lebih dari 50% (Aruna and Audilakshmi 2007). Keunggulan tanaman sorgum selain memiliki adaptabilitas yang luas adalah toleransinya terhadap lahan marginal, terutama lahan kering. Oleh karena itu, pengembangan sorgum banyak diarahkan pada daerah-daerah rawan kekeringan, dimana padi dan jagung tidak dapat tumbuh optimal. Amerika Serikat sebagai salah satu negara penghasil sorgum terbesar di dunia memfokuskan pada pemuliaan sorgum toleran kekeringan. Hal ini dibuktikan dengan 80% lebih sorgum di Amerika Serikat ditanam pada lahan nonirigasi, dan sorgum hibrida komersial toleran terhadap kekeringan pada fase sebelum berbunga (*pre-flowering drought resistance*). Tolok ukur sifat toleransi adalah kemampuan tanaman untuk *stay green*, yang mengindikasikan kemampuan tanaman menunda penuaan daun dalam kondisi cekaman air (Xu *et al.* 2000).

Di Indonesia sorgum dimanfaatkan sebagai bahan pangan, khususnya di daerah rawan kekeringan. Secara tradisional petani telah turun-menurun menanam sorgum seperti di NTT, NTB, dan Jawa Tengah pada lahan tegalan atau setelah panen padi. Beberapa plasma nutfah sorgum lokal ini kemudian dikembangkan menjadi varietas unggul. Sebagian besar sumber genetik varietas sorgum berasal dari introduksi melalui *germplasm sharing* dengan ICRISAT. Indonesia hingga saat ini telah melepas 15 varietas unggul sorgum, yang umumnya diarahkan pada hasil biji tinggi (Tabel 10). Sorgum pangan yang saat ini banyak dikembangkan adalah varietas Numbu dengan potensi hasil 5 t/ha pada lahan optimal.

Selain sorgum untuk pangan, saat ini telah dilakukan penelitian sorgum untuk bioetanol. Golongan sorgum yang digunakan adalah sorgum batang manis (*sweet stalk sorghum*) dengan kadar gula (brix) diatas 10%. Sorgum manis merupakan sumber bioenergi yang efisien dengan fotosintesis C4 yang mampu memproduksi sukrosa yang disimpan dalam batang dan membentuk pati dalam biji.

Tabel 10. Varietas sorgum yang dilepas di Indonesia.

Varietas	Asal	Tahun dilepas	Umur panen (hari)	Potensi hasil (t/ha)	Warna biji
Cempaka	Introduksi	< 1960	105	3,50	Putih
Birdroof	Introduksi	< 1960	105	3,50	Putih, coklat tua
Katengu	Introduksi	< 1960	105	3,50	Coklat tua
No.46	Introduksi	1967	105	4,00	Putih, coklat tua
No.6C	Lokal	1969	105	4,50	Kemerah-merahan
UPCA-S2	Introduksi	1972	105	4,50	Coklat
UPCA-S1	Introduksi	1972	95	4,00	Coklat
KD4	Introduksi	1973	95	4,00	Putih
Keris	Introduksi	1973	83	3,00	Putih
Badik	Introduksi	1983	85	3,00	Putih
Hegari genjah	Lokal	1985	85	3,70	Putih
Mandau	Introduksi	1991	91	4,50	Coklat muda
Sangkur	Introduksi	1991	92	3,80	Coklat muda
Kawali	Introduksi	2001	110	4,76	Krem
Numbu	Introduksi	2001	105	5,05	Krem

Sumber: Santoso dan Sumarni (2008).

Melalui penelitian karakterisasi agronomis dan evaluasi kadar brix serta jumlah nira batang, seleksi mengidentifikasi beberapa aksesori potensial sorgum manis. Aksesori Watar Hammu Putih dan 15021 A potensial dikembangkan dan dilepas menjadi varietas sorgum manis karena memiliki kadar nira > 12%. Aksesori Watar Hammu Putih berasal dari NTT sedangkan aksesori 15021 A berasal dari introduksi ICRISAT. Pahun 2013, Watar Hammu Putih dilepas sebagai varietas Super-01 dan 15021 A sebagai varietas Super-02.

Meski jumlah aksesori sorgum cukup besar tetapi hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan dalam program pemuliaan. Menurut Mutava *et al.* (2010), dari 35.000an aksesori koleksi sorgum dunia, *genetic base* yang digunakan untuk program pemuliaan sorgum hanya sekitar 3%. Pemanfaatan genetik yang sempit dapat mengakibatkan rendahnya peningkatan hasil seleksi pemuliaan. Hal ini pernah terjadi di Amerika Serikat pada awal tahun 1960. Penggunaan hibrida sorgum di Amerika Serikat dimulai pada 1956 menggunakan *Cytoplasmic Male Sterility* (CMS). Penyebaran sorgum hibrida mencapai 95% sampai tahun 1960. Akan tetapi, tetua betina yang digunakan memiliki ragam genetik yang rendah, dan umumnya menggunakan galur Redbine, Combine Kafir 60, Wheatland, dan Redlan. Begitu pula penggunaan galur *restorer* jantan yang memiliki ragam genetik sangat spesifik, umumnya menggunakan plasma nutfah jenis Feterita dan Durra. Hal ini menyebabkan *genetic base* varietas komersial dan tetua sangat sempit keragaman genetiknya, sehingga terjadibottlenecks dalam program pemuliaan, yang ditandai oleh rendahnya peningkatan atau stagnasi hasil dalam proses seleksi (Menz *et al.* 2004, Casa *et al.* 2008). Untuk memperluas

plasma nutfah adaptif iklim temperate, sejak tahun 1963 Amerika Serikat telah melakukan perluasan *genetic base* dengan introduksi plasma nutfah dari daerah tropik maupun temperate, dengan harapan dapat diintrogresikan ke dalam galur elite yang ada dan dapat meningkatkan seleksi dan hasil pemuliaan (Smith *et al.* 2010).

KESIMPULAN

Sorgum merupakan tanaman multifungsi dengan banyak keunggulan dan manfaat. Sifat adaptibilitas yang tinggi pada lahan marginal menunjukkan tanaman sorgum dengan idiom *gift of Africa for the world* ini berpeluang dibudidayakan di Indonesia. Hasil koleksi Balitsereal pada 2010-2012 terbukti sorgum telah ratusan tahun menjadi bahan pangan dan pakan di beberapa wilayah di Indonesia, seperti NTT dan NTB.

Keragaman genetik yang tinggi pada *landraces* sorgum Indonesia terlihat dari tiga jenis ras dasar (bicolor, kafir, dan caudatum). Hasil dari karakterisasi agronomis 36 aksesi plasma nutfah sorgum dapat dibagi menjadi enam *cluster*. Hal ini menunjukkan keragaman genetik yang tinggi hanya pada 36 aksesi. Diversitas genetik untuk ras dasar dan intermediate masih banyak yang belum terdokumentasi dan tersimpan dalam koleksi aktif Balitsereal.

Evaluasi untuk menyaring aksesi hasil biji tinggi dari 61 aksesi diperoleh tiga aksesi potensial. Evaluasi kadar gula batang (% brix) dari 36 aksesi berhasil mendapatkan 13 aksesi level sedang (10-15%). Perlu evaluasi lebih lanjut dan program pemuliaan yang lebih terarah, karena fungsi plasma nutfah adalah sebagai *pre breeding* aksesi untuk menjadi koleksi kerja.

Menjaga keragaman genetik tetua yang tinggi juga salah satu hal penting dalam program pemuliaan, khususnya untuk *self pollinated crop* seperti sorgum. Hal ini untuk mencegah terjadinya *genetic bottle necking*. Oleh karena itu perluasan lingkup genetik plasma nutfah sorgum perlu terus dilakukan, baik koleksi, introduksi, maupun introgresi antarras, sehingga akan terus tersedia aksesi potensial untuk dapat dikembangkan menjadi varietas unggul. Varietas sorgum manis baru Super-01 dan Super-02 adalah bukti nyata pemuliaan sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

Acquaah, G. 2007. Principles of plant genetics and breeding. Blackwell Publ. 584 p.

- Aldrich, P.R. and J. Doebley. 1992. Restriction fragment variation in the nuclear and chloroplast genomes of cultivated and wild *Sorghum bicolor*. Theor. Appl. Genet. 85: 293-302.
- Ali, M.L., F. Rajewski, P.S. Baenziger, K.S. Gill, K.M. Eskridge, and I. Dweikat. 2008. Assessment of genetic diversity and relationship among a collection of US sweet sorghum germplasm by SSR markers. Mol. Breeding 21: 497-509.
- Aruna, C. and S. Audilakshmi. 2007. A strategy to identify potential germplasm for improving yield attributes using diversity analysis in sorghum. Plant Genetic Resources: Characterization and utilization 6(3):187-194.
- Bantilan, M.C.S., U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilana, and R.E. Evenson. 2004. Introduction In: sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts (Eds.). M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilana and R.E. Evenson. ICRISAT, India. 322 p.
- Becelaere, G.V., L.L. Edward, A.H. Paterson, and P.W. Chee. 2005. Pedigree-vs. DNA marker-based genetic similarity estimates in Cotton. Crop Sci. 45:2281-2287.
- Bioversity. 2009. A training module for the international course on plant genetic resources and genebank management. Bioversity International, Rome, Italy. 88 p.
- Brown, A.H.D. 1995. The core collection at the crossroads. In: Core collection of plant genetic resources, (Eds.). Hodgkin T., A.H.D. Brown, Th.J.L. van Hintum and E.A.V. Morales. John Wiley & Sons. p :3-19
- Burow, G., D.F. Cleve, X. Zhanguo, and J.B. John. 2012. Genetic diversity in a collection of Chinese sorghum landraces assessed by microsatellites. American journal of plant sciences 3:1722-1729.
- Casa, A.M., P. Gael, J.B. Patrick, E.M. Sharon, L.R. William, R.T. Mitchell, D.F. Cleve, and K. Stephen. 2008. Community resources and strategies for association mapping in sorghum. Crop Sci. 48:30-40.
- Dahlberg, J.A. 2000. Classification and characterization of sorghum. In: sorghum: sorghum origin, history, technology and production, (Eds.). Smith C.W. and Richard, A. Frederiksen. Wiley Series in Crop Science.
- De Wet, J.M.J. 1978. Systematics and evolution of sorghum sect. sorghum (gramineae). American journal of botany 65(4):477-484.
- De Wet, J.M.J. and J.P. Huckabay. 1966. The origin of sorghum bicolor II. Distribution and domestication. Evolution 21:787-802.

- Djè, Y., M. Heuertz, C. Lefèbvre, X. Vekemans. 2000. Assessment of genetic diversity within and among germplasm accessions in cultivated sorghum using microsatellite markers. *Theor Appl Genet* 100:918-925.
- Dogget, H. 1991. Sorghum history in relation to Ethiopia. In: *Plant genetic resources of Ethiopia*, (Eds.). Engels, J.M.M., J.G. Hawkes and Melaku W. Cambridge Univ. Press. p:140-159
- Dogget, H. 1998. *Sorghum*, 2nd edition. Wiley Publ, New York. 512 p.
- Duvall, M.R. and F.D. John. 1990. Restriction site variation in the chloroplast genome of sorghum (poaceace). *Systematic botany* 15(3):472-480.
- FAO. 1995. *Sorghum and millets in human nutrition*. FAO food and nutrition series, No. 27.
- Geleta, N., T.L. Maryket, and D.V. Chris. 2006. Genetic diversity analysis in sorghum germplasm as estimated by AFLP, SSR and morpho-agronomical markers. *Biodiversity and conservation* 15:3251-3265.
- Gepts, P. 2004. Crop domestication as a long-term selection experiment in: *Plant breeding reviews* Vol. 24 part 2, (Ed) Jules Janick. John Wiley & Sons. Inc. 23 p.
- Glaszmann, J.C., B. Killian, H.D. Upadhyaya, and R.K. Varshney. 2010. Accessing genetic diversity for crop improvement. *Current opinion in plant biology* 13:167-173.
- Hamilton, N.R.S. and K.H. Chorlton. 1997. Regeneration of accessions in seed collections: a decision guide. *Handbook for genebanks* No. 5. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 86 p.
- Harlan, and J.M.J. De Wet. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.* 12:172-176.
- Henzell, R.G., and R.J. David. 2009. Grain sorghum breeding. In: *Handbook of plant breeding: Cereals*, (Eds.). Carena, M.J. Springer. p. 183-198.
- House, L.R. 1985. *A guide to sorghum breeding*. ICRISAT. Andhra Pradesh, India. 206 p.
- IBPGR and ICRISAT. 1993. *Descriptors for sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench]*. ICRISAT, Patancheru. India. 44 p.
- ICRISAT. 2004. *Sorghum, a crop of substance*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh. India. 101 p.
- IPGRI. 2003. *A guide to effective management of germplasm collections*. IPGRI Handbooks for Genebanks No. 6, (Eds) Engels, J.M.M. and Visser, L. IPGRI, Rome, Italy.

- Kimber, C.T. 2000. Origins of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. In: Sorghum: sorghum origin, history, technology and production (Eds.). Smith C.W. and Richard A. Frederiksen. Wiley Series in Crop Science.
- Li, R., Z. Han, Z. Xincheng, G. Yanan, Y. Fengxia, S. Guoan, W. Jiancheng, and Z. Chunqing. 2010. Genetic diversity in Chinese sorghum landraces revealed by chloroplast simple sequence repeats. *Genet Resour Crop Evol.* 57:1-15.
- Menz, M.A., R.K. Robert, C.U. Natalie, L.R. William, E.K. Patricia, and E.M. John. 2004. Genetic diversity of public inbreds of sorghum determined by mapped AFLP and SSR Markers. *Crop Sci.* 44: 1236-1244.
- Murdock, G.P. 1959. Staple subsistence crops of Africa. *Geogr. Rev.* 50:521-540.
- Mutava, R.N., P.V.V. Prasad., M.R. Tuinstra, K.D. Kofoed, and J. Yu. 2010. Characterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. *Field Crops Research* 123: 10-18.
- National Research Council. 1996. Lost crops of Africa. Volume I: Grains. National Academy Press, Washington D.C. 406 p
- Pabendon, M.B., Baharuddin, A. Aviv, I. Muzdalifah, Tutik K., and Muhammad A. 2011. Laporan akhir tahun: Rintisan penelitian berbasis marka molekuler tanaman sereal (jagung, gandum, dan sorgum) untuk perakitan varietas unggul. Balitsereal (tidak dipublikasikan).
- Painting, K.A., M.C. Perry, R.A. Denning, and W.G. Ayad. 1995. Guidebook for genetic resources documentation. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 317 p.
- Pejic, I., P. Ajmon-Marsan, M. Morgante, V. Kozumplick, P. Castiglioni, G. Taramino, and M. Motto. 1998. Comparative analysis of genetic similarity among maize inbred lines detected by RFLPs, RAPDs, SSR, and AFLPs. *Theor. Appl. Genet.* 97: 1248-1255.
- Prota.org. <http://database.prota.org/dbtw-wpd/protabase/Photfile%20Images/Linedrawing%20Sorghum%20bicolor.gif>. 23 September 2013. Diunduh tanggal 10 Agustus 2013.
- Qingshan, L. and A.D. Jeffrey. 2001. Chinese sorghum genetic resources. *Economy Botany* 55(3): 401-425
- Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Nowell, and M. Larinde. 2006. Manual of seed handling in genebanks. Handbooks for Genebanks No. 8. Bioversity International, Rome, Italy. 163 p.

- Rao, N.K., P.J. Bramel, V.G. Reddy, and U.K. Deb. 2004. Conservation, Utilization and Distribution of Sorghum Germplasm. In: Sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts (Eds.). M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilana and R.E. Evenson. ICRISAT. India. 322 p.
- Reddy, B.V.S., R. Prakasha, U.K. Deb, J.W. Stenhouse, B. Ramaiah, and R. Ortiz. 2004. Global sorghum genetic enhancement processes at ICRISAT. In: Sorghum genetic enhancement: research process, dissemination and impacts (Eds.). M.C.S. Bantilan, U.K. Deb, C.L.L. Gowda, B.V.S. Reddy, A.B. Obilana and R.E. Evenson. ICRISAT. India. 322 p.
- Rohlf, F.J. 2000. NTSYSpc numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.1. Applied Biostatistics Inc.
- Santoso, S.B., dan S. Sumarni. 2008. Prospek pengembangan sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol. Dalam: Prosiding Simposium V Tanaman Pangan, Inovasi Teknologi Tanaman Pangan (Eds.). Zaini, Z., Firdaus K., Hermanto, Sunihardi. Hal :931-944.
- Schlegel, R.H.J. 2010. Dictionary of plant breeding 2nd edition. CRC press. Boca Raton. 586 p.
- Smith, S., P. Valerio, M. Roger, N. Barry, J. Elizabeth, and P. Kay. 2010. Genetic diversity of widely used U.S. sorghum hybrids 1980-2008. Crop Sci. 50:1664-1673.
- Stenhouse, J.W., K.E.P. Rao., V.G. Reddy, and S.A. Rao. 1997. Chapter 20: Sorghum. In: Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centres, (Eds) Fuccillo D., Linda S., and Paul S. Cambridge Univ. Press. p: 308-324
- UPOV. 1989. Guidelines for the conduct of test for distinctness, homogeneity and stability. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. 25 p.
- Van Hintum, Th.J.L., A.H.D. Brown, C. Spillane, and T. Hodgkin. 2000. Core collections of plant genetic resources. IPGRI Technical Bulletin No. 3. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 51p
- Wang, L., J. Shaojie, J. Yanxi, Y. Hongdong, S. Defeng, S. Guangquan, Y. Xiufeng, and S. Lianfa. 2013. Genetic diversity in parent lines of sweet sorghum based on agronomical traits and SSR markers. Field Crops Research 149:11-19.
- Xu, W., K.S. Prasanta, R.C. Oswald, T.R. Darrel, E.M. John, and T.N. Henry. 2000. Molecular mapping of QTLs conferring stay-green in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Genome 43:461-469.

Perkembangan Perakitan Varietas Sorgum di Indonesia

A.H. Talanca dan N.N. Andayani
Balai Penelitian Tanaman Sereal

PENDAHULUAN

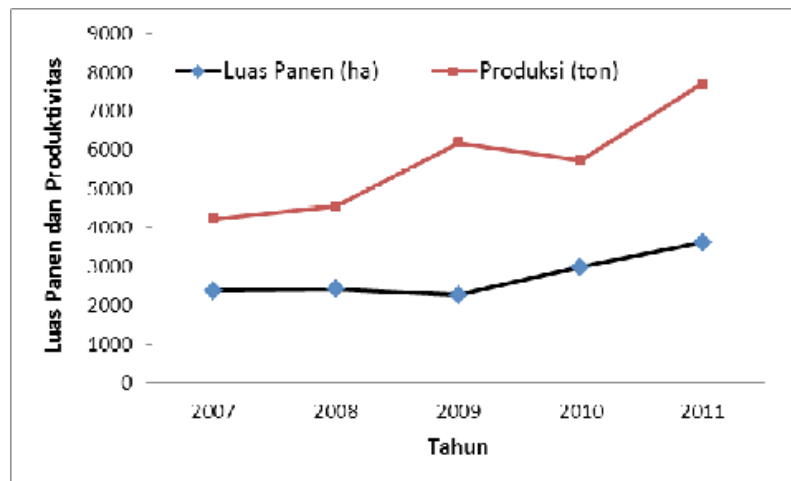
Awal mula penanaman sorgum (*Sorghum bicolor*) di Indonesia tidak diketahui secara pasti. Menurut Admin (2009), sorgum dibawa oleh orang Belanda ke Indonesia pada tahun 1925 dan disebarluaskan ke daerah-daerah kering sebagai komoditas pangan alternatif, pada musim paceklik atau persediaan pangan telah habis. Ada kemungkinan sorgum masuk ke Indonesia jauh lebih awal, sekitar abad VIII, dibawa oleh orang Asia Selatan/India, karena sorgum telah berkembang di India sebelum abad VIII. Tanaman ini kemudian beradaptasi di Indonesia, dan masyarakat memberi nama yang berbeda sesuai bahasa setempat, misalnya gandrung, cantel, olean, dan jagung cakul.

Pada tahun 1950-1970an sorgum banyak dibudidayakan di Demak, Wonogiri, Gunung Kidul, Selayar, Sumbawa, dan Timor. Setelah tahun 1970an, areal tanam sorgum menurun, kemungkinan karena ketersediaan bahan pangan asal beras sudah memadai sebagai dampak penerapan teknologi revolusi hijau. Sorgum hanya digunakan untuk pakan burung, kecuali di Pulau Rote sebagai salah satu sumber pangan utama. Di Pulau Rote NTT, sorgum lebih populer disebut jagung Rote dan saat ini masih dibudidayakan untuk bahan pangan lokal masyarakat.

Pulau Timor mempunyai satu spesies sorgum asli, yaitu *Sorghum timorense*, yang batang dan daunnya digunakan sebagai sumber utama pakan ternak sapi di NTT (Flores dan Sumba). Rumput *Sorghum timorense* bersifat annual, tumbuh cepat selama musim hujan (November-April), cepat menua, berbunga, berbiji, dan mengering sebagai rumput kering (*standing hay*) di lapangan, jika tidak sempat dipanen. Spesies sorgum yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *Sorghum bicolor* (Moench).

Perkembangan luas panen sorgum di Indonesia dalam periode 2007 – 2009 berfluktuasi (Gambar 1). Seiring dengan terjadinya krisis energi dunia, sorgum kembali populer pada tahun 2012-2013. Tanaman sorgum mampu menghasilkan etanol dan dapat beradaptasi luas pada lahan kering, padang alang-alang, dan bekas hutan.

Pada tahun 2012-2013 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian bekerja sama dengan Kementerian BUMN melakukan pengembangan



Gambar 1. Perkembangan luas panen dan produksi sorgum periode 2007-2011.
Sumber : Direktorat Serealia 2013.

sorgum di beberapa wilayah untuk menguji kelayakan ekonominya sebagai bahan pangan alternatif dan bioenergi. Varietas Numbu diuji pada areal 3,2 ha di Sidrap, Sulawesi Selatan, untuk pakan ternak, sirup, dan tepung. Pada tahun 2013, sorgum ditanam seluas 6,0 ha di Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara, untuk pakan ternak dan sirup. Sorgum varietas Numbu ditanam di Wayngapu, NTT, seluas 4,0 ha untuk pakan ternak, sirup, dan tepung. Di Purwakarta (Jawa Barat) dan Pasuruan (Jawa Timur) sorgum ditanam masing-masing seluas 3.000 ha untuk bahan baku sirup dan tepung. Kegunaan sorgum yang cukup banyak, seperti untuk pangan, pakan, bahan industri, dan untuk substitusi bahan energi mendorong penelitian sorgum untuk pangan dan bioetanol secara intensif.

SUMBERDAYA GENETIK SORGUM

Pengelolaan sumber daya genetik sorgum sebelum tahun 1960-an tidak terkoordinir dengan baik, termasuk silsilah dan informasi pedigree plasma nutfah sorgum. Jumlah aksesori plasma nutfah sorgum asal Indonesia yang terdaftar di bank gen sorgum ICRISAT pada tahun 2002 adalah 36 aksesori. ICRISAT mempunyai program distribusi galur-galur unggul sorgum ke seluruh dunia dan mengumpulkan aksesori plasma nutfah. ICRISAT (2002) mencatat jumlah galur yang didistribusikan ke Indonesia selama periode 1973-2002 sebanyak 178, dan distribusi terbanyak terjadi pada periode 1990-1999 yang mencapai 176 galur. Galur-galur tersebut kemudian diuji adaptasi agar sesuai dengan kondisi agroekosistem Indonesia. Departemen Pertanian bekerja

sama dengan ICRISAT selama periode 1980-1990 menguji 36 aksesori sorgum introduksi dari gene bank ICRISAT, di samping galur-galur introduksi dari Amerika Serikat dan negara Asean (ICRISAT 2002). Dari hasil pengujian terpilih dua galur yang memberikan hasil tinggi, yaitu CS110 dan No.311, yang kemudian dilepas dengan nama Mandau dan Sangkur (Rahardjo dan Fathan 1991).

Pada tahun 2000an kegiatan uji daya hasil galur asal ICRISAT menghasilkan dua galur yaitu IS23509 asal SADC (South African Development Community). Galur ICSV 233 asal ICRISAT dengan nomor pedigree (IS 9562 (IS 1261 x SC-108-3)-3-2-2-5-1). Kedua galur tersebut kemudian dilepas dengan nama Numbu dan Kawali. Pada tahun 2012, Balai Penelitian Tanaman Serealia mengumpulkan 119 aksesori SDG sorgum, terdiri atas varietas lokal dan varietas introduksi. Sebanyak 68 aksesori telah di karakterisasi agronomik, 40 aksesori sesuai untuk produksi biomas, dan enam aksesori di karakterisasi kandungan nutrisinya untuk melihat peluang sebagai bahan pangan pengganti beras (Aqil *et al.* 2013a).

Dalam program pemuliaan, semakin banyak koleksi plasma nutfah yang dimiliki semakin besar peluang untuk mendapatkan sumber gen unggul yang akan dirakit menjadi varietas unggul (Sumarno dan Zuraida 2004). Oleh karena itu, koleksi plasma nutfah sorgum, khususnya varietas lokal, perlu dilanjutkan untuk mendapatkan sumber gen dengan berbagai sifat ketahanan, seperti toleran kekeringan, daya hasil tinggi, tahan terhadap hama penyakit, umur genjah dan sifat lainnya.

KEMAJUAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SORGUM DI INDONESIA

Program pengembangan sorgum pada tahun 1970an diarahkan untuk identifikasi varietas sebagai sumber karbohidrat untuk memenuhi kebutuhan pangan di Indonesia. Varietas yang dilepas pada periode tersebut adalah No.6C, UPCA-S2, dan KD4 (Puslitbangtan 2009). Pada tahun 1980an, program pemuliaan sorgum masih diarahkan untuk mengidentifikasi varietas sebagai sumber karbohidrat untuk pemenuhan kebutuhan pangan (Mudjisihono dan Damardjati 1985). Kriteria seleksi meliputi umur genjah (70-80 hari), tanaman tidak terlalu tinggi (100-140 cm), kandungan protein di atas 10%, dan kandungan tanin di bawah 0,2%.

Pada periode 1980-1990 dilepas empat varietas masing-masing diberi nama Keris, UPCA-S1, Badik, dan Hegari. Keempat varietas mempunyai beberapa keunggulan, di antaranya berumur genjah, tinggi batang sedang, potensi hasil 4 t/ha, warna biji putih, dan rasa nasi cukup enak (Sudaryono

1998). Ponidi *et al.* (1985) melaporkan bahwa pada tahun 1980-1990an varietas Hegari Genjah banyak berkembang di dataran rendah Jawa Tengah, DIY, dan Jawa Timur.

Pada tahun 1990 program penelitian dan pengembangan sorgum di Indonesia dikoordinasikan secara nasional oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan) dengan melibatkan beberapa Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan) di berbagai wilayah di Indonesia. Kegiatan pemuliaan pada periode tersebut adalah penemuan varietas melalui uji adaptasi galur-galur introduksi dari luar negeri.

Pada tahun 1990an dilakukan uji adaptasi 15 galur unggul sorgum asal introduksi. Dari pengujian ini diperoleh dua galur terbaik dengan hasil biji yang tinggi, yaitu CS110 dan nomor 311, yang kemudian dilepas dengan nama varietas Mandau dan Sangkur. Potensi hasil varietas tersebut mencapai 5 t/ha dan umur genjah 91 hari. Biji varietas Sangkur mudah dirontok dan disosoh, daunnya tahan terhadap penyakit karat dan *Rhizoctonia* (Rahardjo dan Fathan 1991).

Penelitian perakitan varietas unggul sorgum pada periode 2001-2013 dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia di Maros. Varietas Numbu berasal dari galur IS 23509 dari SADC (South African Development Community), dan varietas Kawali berasal dari galur ICSV 233 asal ICRISAT. Singgih dan Hamdani (2002) serta Sholihin (1996) melaporkan varietas Numbu dan Kawali beradaptasi baik di Probolinggo, Bontobili, Bulukumba, dan Bojonegoro dengan kisaran hasil 4,6-5,0 t/ha. Karakteristik fenotifik varietas sorgum yang dilepas pada periode 1970-2013 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penampilan fenotifik varietas unggul sorgum yang dilepas dalam periode 1970-2013.

Varietas	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur panen (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Panjang malai (cm)	Bentuk malai
No. 6C	1970	4,6-6	96-106	165-238	19-20	Ellips
UPCA-S2	1972	4,0-4,9	105-110	180-210	22-26	Pyramid
KD4	1973	4,0	90-100	140-180	20-24	Ellips
Keris	1983	2,5	70-80	80-125	19-20	Ellips
UPCA-S1	1985	4,0	90-100	140-160	20-22	Ellips
Badik	1986	3,0-3,5	80-85	145	20-21	Ellips
Hegari Genjah	1986	3,0-4,0	81	145	19	Ellips
Mandau	1991	4,0-5,0	91	153	23	Pyramid
Sangkur	1991	3,6-4,0	82-96	150-180	20-25	Ellips
Numbu	2001	4,0-5,0	100-105	187,00	22-23	Ellips
Kawali	2001	4,0-5,0	100-110	135,00	28-29	Ellips
Super 1	2013	5,75	105-110	216,50	26,67	Ellips
Super 2	2013	6,33	115-120	229,71	26,38	Simetris

Sumber: Aqil *et al.* (2013b)

Tabel 2. Komposisi nutrisi varietas unggul sorgum yang dilepas dalam periode 1970-2013.

Varietas	Tahun dilepas	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Tanin (%)	Rasa nasi
No. 6C	1970	9,7-10,4	2,67	26,40	1,19	Kurang
UPCA-S2	1972	9,25	3,60	64,25	0,35	Kurang
KD4	1973	9,92	4,90	60,50	0,20	Kurang
Keris	1983	6,38	3,60	25,20	1,12	Sedang
UPCA-S1	1985	9,0	5,70	66,50	0,22	Kurang
Badik	1986	9,25	4,00	26,10	0,12	Enak
Hegari Genjah	1986	9,44	4,90	24,30	0,13	Enak
Mandau	1991	12,0	3,00	76,00	0,16	Sedang
Sangkur	1991	11,0	3,50	61,50	0,15	Sedang
Numbu	2001	9,12	3,94	84,50	0,18	Sedang
Kawali	2001	8,81	1,97	87,87	-	Kurang
Super 1	2013	12,96	2,21	71,32	0,11	-
Super 2	2013	9,22	3,09	75,62	0,27	-

Sumber: Aqil *et al.* (2013b).

Varietas Numbu beradaptasi baik pada lahan kering masam, dengan hasil 5 t/ha, tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun. Varietas Kawali dicirikan oleh tanaman yang pendek (135 cm) dan malai yang agak tertutup, sehingga kurang disenangi oleh burung. Kedua varietas ini mempunyai umur dalam, berkisar antara 100-110 hari (Singgih dan Hamdani 2002).

Komposisi nutrisi varietas unggul sorgum yang dilepas dalam periode 1970-2013 disajikan pada Tabel 2. Secara umum kandungan protein sorgum lebih tinggi dibanding jagung (8,7 g/100 g) atau beras (6,8 g/100 g) sehingga dapat dijadikan bahan divesifikasi pangan. Selain itu, kandungan kalsium sorgum juga tinggi, 28 mg/100 g biji, sedangkan kalsium pada biji jagung 9 mg/100 gr dan beras 6 mg/100 g.

Hoeman (2010) melaporkan, krisis energi di sejumlah negara dan semakin berkurangnya cadangan bahan bakar minyak, maka peluang pemanfaatan bioenergi dari sorgum semakin besar. Penyediaan varietas unggul sebagai bahan baku bioetanol diupayakan melalui perakitan varietas sorgum manis, yang diharapkan dapat berkompetisi dengan molases tebu.

Tanaman sorgum memiliki produksi biji dan biomasa yang lebih tinggi, memerlukan pupuk relatif lebih sedikit, dan pemeliharaannya lebih mudah dibandingkan dengan tebu. Laju pertumbuhan tanaman sorgum lebih cepat, umurnya hanya empat bulan sedangkan tebu 7-9 bulan, kebutuhan benih sorgum 5-10 kg/ha, sedangkan tebu 4.500-6.000 stek batang/ha. Menurut Almodares dan Hadi (2009), sorgum selain lebih adaptif terhadap perubahan iklim (kekeringan dan genangan), juga potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol melalui fermentasi bagase, nira batang, dan biji.

Hibridisasi antara varietas unggul introduksi dan varietas lokal Indonesia ditujukan untuk menghasilkan varietas unggul sorgum khusus sebagai bahan baku etanol. Menurut Wu *et al.* (2010), nira yang dihasilkan dari sorgum manis sekitar 50% dari bobot awal batang. Untuk menghasilkan etanol, maka setelah diekstraksi nira difermentasi, lalu disuling, kemudian etanol yang diperoleh didehidrasi. Bagas adalah ampas perasan batang sorgum dalam bentuk selulosa, yaitu polisakarida. Hidrolisis polisakarida menjadi monosakarida seperti glukosa, sukrosa, dan bentuk gula lainnya, selanjutnya dapat dikonversi menjadi etanol. Menurut Ballesteros *et al.* (2003), Kim dan Day (2011), dan Sipos *et al.* (2009) bahwa bagas mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin masing-masing 34-44%, 27-35%, dan 18-20%. Bobot jerami sorgum manis masing-masing 32,4%, 27,0%, dan 7,0%. Di Amerika Serikat, sekitar sepertiga dari produksi biji sorgum dimanfaatkan untuk etanol. Sebagai sumber etanol adalah pati, yaitu karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimer anhidro-monosakarida, dimana komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin yang masing-masing tersusun atas satuan glukosa (rantai glukosida), yang kemudian dikonversi menjadi etanol (Prasad *et al.* 2007, Shoemaker and Bransby 2010). Sarath *et al.* (2008) dan Smith *et al.* (1987) menjelaskan bahwa sorgum manis untuk bahan baku bioetanol dicirikan oleh akumulasi karbohidrat terfermentasi (FC) dalam batang yang mencapai 15-25%. Sorgum manis mengandung FC lebih tinggi dibanding jagung, sehingga sebagai tanaman biofuel akan lebih menguntungkan apabila pengembangannya dilakukan pada daerah kering (Reddy *et al.* 2004).

Pada tahun 2010 terdapat enam galur yang berpotensi untuk produksi bioetanol, yaitu Watar Hammu Putih, 4-183A, 5-193c, 15011A, 15011B, dan 15021A dengan produksi etanol 3000-4000 l/ha. Pada tahun 2013 galur Watar Hammu Putih dan 15021A dilepas dengan nama varietas Super 1 dan Super 2 (Tabel 3).

Produksi bioetanol dari tanaman sorgum manis masih dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan tanaman ratun secara optimal. Bobot biomas segar tanaman primer mencapai 43,0 t/ha dan pertanaman ratun pertama mampu menghasilkan biomas 22,6 t/ha. (Efendi dan Pabendon 2010) Potensi ratun pada tanaman sorgum sangat menjanjikan, terutama pada lahan kering dimana tanaman palawija sudah tidak bisa tumbuh (Tsuchihashi dan Goto 2004).

Perakitan varietas sorgum bukan hanya dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian tetapi juga institut lain seperti BATAN (Badan Tenaga Nuklir) yang menggunakan teknik iradiasi sinar gamma untuk memperbaiki sifat agronomi dan kualitas sorgum (biji dan hijauan). Induksi mutasi untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman sorgum menghasilkan satu varietas pada tahun 2013 yang diberi nama Pahat (pangan sehat) untuk

Tabel 4. Hasil biji tanaman 1987-1988.

Varietas	Hasil Biji (kg/ha)	
	Utama (P)	R2
Cosor 2	3,0	2,1
Cosor 3	2,9	2,3
IS-8544	1,7	0,6
Darso	2,3	1,3
CS-36	1,4	1,4
IS-295	2,6	1,6
EG-3	3,1	1,0

Sumber: Molina *et al.* (1988)

Tabel 3. Karakteristik beberapa sorgum manis untuk bahan baku bioetanol.

Galur/ Varietas	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah ruas	Bobot biomas (kg)	Kadar gula nira (brix)	Bobot 10 batang (kg)	Bobot daun 10 tan. (kg)	Hasil etanol (l/ha)
15021 A	229,71	25	15	8	9,3	6,3	1,7	8.123
15105B	340	23	13	6	12,7	4,5	1,0	5.299
Water Hammu Putih	216,50	22	12	7	12,3	5,4	1,1	6.549
Sorgum Hitam	333	22	14	7	9,8	5,0	1,4	6.830
5193C	331	24	13	7	9,0	4,6	1,0	5.717
15011A	328	22	12	6	9,7	4,4	0,8	5.886
NUMBU	322	22	12	6	9,3	4,5	0,9	5.454
15011B	321	22	12	6	10,3	4,9	0,9	5.840
15131B	309	20	10	5	9,2	3,1	0,9	3.943
1090A	296	21	11	5	9,5	4,4	1,1	4.794
4183A	266	22	11	6	10,0	4,7	1,3	5.895
Selayar Hitam	242	22	11	5	9,8	3,2	0,8	4.194
15120A	160	25	12	3	7,7	2,5	0,9	3.676
15019B	237	23	13	6	11,7	3,1	0,9	3.492

Sumber : Pabendon 2010.

dikembangkan sebagai bahan pangan dan pakan alternatif di daerah kering (Soeranto *et al.* 2002).

PENGELOLAAN BENIH SUMBER SORGUM

Syarat utama peningkatan produktivitas sorgum adalah penggunaan benih bermutu. Saenong *et al.* (2007) mengemukakan tiga aspek penting yang berkaitan dengan mutu benih yaitu: (1) teknik produksi benih yang benar, (2) teknik mempertahankan kualitas benih yang telah didistribusikan, dan (3) teknik deteksi kualitas benih. Penggunaan benih bermutu varietas unggul berkontribusi nyata terhadap penampilan fenotif dan komponen hasil tanaman (Arief dan Zubachtirodin 2012).

Penyediaan benih sorgum di tingkat petani secara berkelanjutan dengan mutu terjamin belum berjalan dengan baik. Hasil studi di Nusa Tenggara Timur menunjukkan belum adanya kemampuan petani dalam memproduksi benih unggul, ketersediaan fasilitas penyimpanan, dan pasar benih yang tidak jelas mempengaruhi keberhasilan petani atau penangkar benih dalam menyediakan benih sorgum (Subagio dan Suryawati 2013).

Monyo *et al.* (2003) menganalisis sistem produksi benih di Afrika Selatan dan membaginya ke dalam dua aspek, yaitu (1) formal, terdiri atas badan penelitian pemerintah dan badan usaha milik swasta yang memproduksi, memasarkan benih, dan badan yang bertanggungjawab terhadap sertifikasi

serta pengawasan mutu benih; (2) informal, terdiri atas sejumlah petani yang memproduksi benih varietas lokal, memasarkan sendiri hasilnya, dan melakukan uji coba terhadap varietas yang dihasilkan. Selanjutnya, Monyo *et al.* (2003) membagi sistem perbenihan formal menjadi dua, yaitu (1) model state/parastatal dimana lembaga penelitian menyediakan benih penjenis untuk diperbanyak di kebun milik petani atau penangkar dengan sistem kontrak, dan (2) model swasta dimana perusahaan sendiri yang menyiapkan benih untuk diperbanyak oleh petani yang bekerja sama dengan swasta.

Di Indonesia, sistem produksi benih tanaman pangan, termasuk sorgum, menganut alur kelas benih yang berjenjang, dari benih penjenis (BS) kemudian diturunkan menjadi benih dasar (FS), benih pokok (SS), dan benih sebar (ES). Benih penjenis (BS) diproduksi oleh pemulia di lembaga penelitian yang melepas varietas, sementara benih kelas FS, SS dan ES diproduksi oleh Balai Benih Induk, produsen/penangkar benih swasta, BUMN maupun perorangan (Suyanto 2011).

Pemerintah belum menempatkan sorgum sebagai prioritas dalam program peningkatan produksi dengan alasan sorgum bukan pangan pokok (Direktorat Serealia 2013). Model produksi benih berjenjang yang relatif panjang menyulitkan dalam mengontrol kualitas benih. Saenong *et al.* (2005) menyatakan bahwa apabila penangkar dibina dengan baik, mereka mampu menghasilkan benih kelas SS. BBU dapat menghasilkan benih kelas FS. Data distribusi benih sumber sorgum kelas BS dalam periode 2008-2013 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah benih sorgum kelas BS yang telah didistribusikan selama periode 2008-2013.

Varietas	Jumlah benih (kg)					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Numbu	234	13	10	36	178	3.272
Kawali	213	18	-	20	37	2.814
UPCA-S1	85	3	-	-	-	-
Jumlah	532	34	10	56	215	6.086
Wilayah penyebaran	Jabar, Kaltim, Jabar, NTT, NTB	DIY, Kaltim, NTT, Sulsel, Jabar, Papua selatan	NTT, Sulsel, Lampung, Jabar	Riau, Jateng, Sulsel	Sulsel, Lampung, Kalteng, NTT	NTT, Sultra, Sulsel, Jatim

Sumber: UPBS Balitsereal (2013).

Selama periode 2008-2012, program pengembangan sorgum terutama dari Direktorat Serealia melalui Balai Benih Induk di setiap daerah di Indonesia termasuk pihak swasta masih minim. Hal ini terlihat dari rendahnya permintaan benih sumber oleh BBI, BPTP, maupun mitra lainnya. Data penyebaran benih dalam periode 2008-2012 menunjukkan permintaan benih hanya 847 kg atau setiap tahun hanya 169 kg. Bahkan benih kelas BS yang disebar hanya sebagian kecil diperbanyak menjadi benih kelas FS, apalagi menjadi benih kelas ES, akibatnya ketersediaan benih sorgum kelas ES ditingkat petani sangat langka.

Rencana pengembangan sorgum sebagai bahan baku bioetanol pada tahun 2012 mengakibatkan permintaan benih meningkat. Pilot project pengembangan sorgum terdapat di NTT, Sulawesi Tenggara, Jawa Timur, DIY dan Sulawesi Selatan, sehingga pada tahun 2013 penyaluran benih kelas BS mencapai 6.100 kg. Benih tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan benih SS/ES yang akan ditanam pada areal seluas >10.000 ha untuk produksi biji dan biomas. Balitsereal mendukung kegiatan eksplorasi potensi energi terbarukan yang dicanangkan pemerintah dengan menyiapkan calon varietas sorgum manis, yaitu Super-1 dan Super-2 yang mampu menghasilkan 2.000-3.000 liter etanol/ha.

Sinergi antara pihak terkait seperti Kementerian Pertanian, BUMN dan Perguruan Tinggi serta swasta diperlukan agar pengembangan sorgum lebih terarah, bukan hanya untuk pangan tetapi juga dalam bentuk diversifikasi usaha, di antaranya pakan ternak, sirup, dan bioetanol. Ke depan diharapkan nilai ekonomi sorgum akan lebih meningkat agar mampu bersaing dengan komoditas unggulan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. 2009. Budi daya sorgum. BPTP. Nusa Tenggara Timur.
- Almodares, A. and M.R. Hadi. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African J. Agri.* 4(9): 772-780.
- Aqil, M., A.H. Talanca, Zubachtirodin, dan A. Nur. 2013a. Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia 2012. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Aqil, M., Zubachtirodin, dan C. Rapar. 2013b. Deskripsi varietas unggul jagung, sorgum, dan gandum, Edisi 2013. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Arief, R. dan Zubachtiroddin. 2012. Model penangkaran benih jagung berbasis komunitas. *Buletin Iptek Tanaman Pangan.* 7(2):116-122.

- Ballesteros, M., J.M. Oliva, M.J. Negro, P. Manzanares, and I. Ballesteros. 2003. Ethanol from lignocellulosic materials by a simultaneous saccharification and fermentation process (SFS) with *Kluyveromyces marxianus* CECT 10875. *Process Biochemistry* 39(12):1843-1848.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1992. Daftar komposisi bahan makanan. Jakarta.
- Departemen Pertanian. 1970. Perkembangan produksi palawija tahun 1970.
- Direktorat Serealia. 2013. Kebijakan direktorat jenderal tanaman pangan dalam pengembangan komoditas serealia untuk mendukung pertanian bioindustri. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Serealia, Maros, Sulawesi Selatan.
- Efendi, R. dan M.B. Pabendon. 2010. Seleksi genotipe sorgum manis untuk produksi biomas dan daya ratun tinggi. Perakitan varietas sorgum untuk bahan bioetanol dan bahan pangan. Laporan Akhir Tahun Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Hoeman, S. 2010. Prospek dan potensi sorgum sebagai bahan baku bioethanol. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR). Jakarta.
- ICRISAT. 2002. Annual Report 2002 of Sorghum Research and Dissemination. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Kim, M. and D. Day. 2011. Composition of sugar cane, ebergery cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 38(7):803-807.
- Monyo, E.S., M.A. Mgonya, and D.D. Rohrbach. 2003. An analysis of seed systems development, with special reference to small holder farmers in Southern Africa: Issues and challenges. Paper presented at the workshops on succesfull community based seed production strategies. Co-organized by CYMMIT-ICRISAT, 3-6 August 2003. Harare, Zimbabwe.
- Mudjisihono, R. dan D.S. Damardjati. 1985. Masalah dan hasil penelitian pascapanen sorgum. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan. Bogor.
- Pabendon, M.B. 2010. Rintisan penelitian berbasis marka molekuler tanaman serealia (jagung, gandum, dan sorgum) untuk perakitan varietas unggul. Laporan Akhir Tahun Balitsereal. Maros.
- Pabendon, M.B., M. Aqil, dan S. Masud. 2012. Kajian sumber bahan bakar nabati berbasis sorgum manis. *Buletin Iptek Tanaman Pangan* 7(2):123-129.

- Ponidi S., S. Sugiyatni, A.B. Yayuk, dan M. Dahlan. 1985 Varietas sorgum di Jawa Timur. Prosiding Penelitian Tanaman Pangan. Balittan Bogor.
- Prasad, S., A. Singh, N. Jain, and H. C. Hoshi. 2007. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. *Energy Fuel* 21:2415-2420.
- Puslitbangtan. 2009. Deskripsi varietas unggul palawija 1918-1999. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Rahardjo, M., dan R. Fathan. 1991. Tanggapan beberapa varietas/galur sorgum terhadap pengapuran dan pemupukan fosfat pada tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Penelitian Pertanian* 11(1):5-9.
- Reddy, B.V.S., Rao Prakasha, Deb UK, Stenhouse JW, Ramaiah B, and Ortiz R. 2004. Global sorghum genetik enhancement processes at ICRISAT. p. 65-102. In *sorghum genetik enhancement: research process, dissemination and impacts* M.C.S. Bantilan, *et al.* (Eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Roesmarkan, S., Subandi, dan E. Muchlis. 1985. Hasil penelitian pemuliaan sorgum. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan. Bogor.
- Saenong, S., Bachtar, Margarethta, Y. Taandiabang, R. Arif, Rahmawati, A. Tenrirawe, M. Sudjak, Syafruddin, A. Najamuddin, Y. Sinuseng, F. Koes dan Suwardi. 2005. Pembentukan dan pemantapan produksi benih bermutu mendukung industry benih berbasis komunal. Laporan Akhir Tahun. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Saenong, S., M. Azrai, Ramlah Arif, dan Rahmawati. 2007. Pengelolaan benih jagung. Buku Jagung. Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Sarath, G., R.B. Mitchell, S.E. Sattler, D. Funnell, J.F. Pedersen, R.A. Graybosch, and K.P. Vogel. 2008. Opportunities and roadblocks in utilizing forages and small grains for liquid fuels. *J. Ind. Microbial. Biotechnol* 35:343-354.
- Smith, G.A., M.O. Bagby, R.T. Lewellan, D.L. Doney, P.H. Moore, F.J. Hills, L.G. Campbell, G.J. Hogaboam, G.E. Coe, and K. Freeman. 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Sci.* 27(4):788-793.
- Shoemaker, C.E. and D.I. Bransby. 2010. The role of sorghum as a bioenergy feedstock. In: R. Braun *et al.* (Eds.). *Sustainable alternative fuel feedstock opportunities, challenges and roadmaps for six U.S. regions*. Proceedings of the Sustainable Feedstocks for Advance

Biofuels Workshop, Atlanta, GA. 28–30 September. Soil and Water Conserv. Soc., Ankeny, IA. p. 149–159.

- Sholihin. 1996. Evaluasi galur-galur harapan sorgum di Jawa Timur. Hasil Penelitian Balitjas, 1995/1996. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Singgih, S. dan H. Muslimah. 2002. Evaluasi daya hasil galur sorgum. Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain, Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain. Maros, Sulawesi Selatan.
- Sipos, B., J. Reczey, Z.Z. Somorai, D. Kadar, and K. Reczey. 2009. Sweets sorghum as feedstock for ethanol production: enzymatic hydrolysis of steam-pretreated bagasse. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 153:151-162.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai alternatif komoditas untuk pangan, pakan, dan industri. *Jurnal Litbang Pertanian* 22 (4).
- Soeranto, H., Carkum, dan Sihono. 2002. Perbaikan varietas tanaman gandum melalui pemuliaan mutasi. *Prosiding Pertemuan Koordinasi Penelitian dan Pengembangan*.
- Subagio, H. dan Suryawati. 2013. Wilayah penghasil dan ragam penggunaan sorgum untuk pengembangan tanaman sorgum di Indonesia. *Laporan Tengah Tahun Balitsereal 2013*.
- Sudaryono. 1998. Prospek sorgum di Indonesia potensi, peluang, dan tantangan pengembangan agribisnis. *Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan AgroIndustri*. Risalah Simposium. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Sugiyatni, P.S., A.B. Yayuk, dan Marsum Dahlan. 1985. Adaptasi varietas sorgum di Jawa Timur. *Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan*. Bogor.
- Sumarno dan N. Zuraida. 2004. Pengelolaan plasma nutfah terintegrasi dengan program pemuliaan dan industri benih. *Makalah Simposium PERIPI 2004*. Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia. Bogor 5-7 Agustus 2004.
- Suyamto. 2011. Revitalisasi sistem perbenihan tanaman pangan: sebuah pemikiran. *Buletin Iptek Tanaman Pangan* 6(1):1-13.
- Tsuchihashi, N. and Y. Goto. 2004. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season on dry land of Indonesia. *Plant Prod. Sci.* 7:442-448.

Unit Pengelola Benih Sumber Balitsereal. 2013. Laporan produksi dan distribusi benih jagung, sorgum, dan gandum tahun 2013. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros, Sulawesi Selatan.

Wu, X., J.S. Staggenborg, W.L. Prophet, L. Rooney, J. Yu, and D. Wang. 2010. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. *Industrial Crops and Products* 31(1):164-170.

Pembentukan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan

Muhammad Azrai¹, Soeranto Human², dan Sri Sunarti³

^{1,3}Balai Penelitian Tanaman Serealia

²Pusat Aplikasi Teknologi Isotop & Radiasi (PATIR)

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)

PENDAHULUAN

Sorgum adalah tanaman sereal bahan pangan terpenting kelima di dunia setelah gandum, beras jagung, dan barley. Sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan dan bioenergi. Sebagai bahan pangan, sorgum banyak dikonsumsi oleh masyarakat pedesaan di negara-negara berkembang di Asia dan Afrika. Di Indonesia, biji sorgum pada tahun 1950-1960an dikonsumsi sebagai bahan pangan di beberapa wilayah di NTB, NTT, Jawa Tengah, DIY, dan Jawa Timur. Masyarakat Kabupaten Belu, NTT memanfaatkan sorgum untuk makanan pokok sehari-hari. Hingga tahun 2012 terdapat 11 varietas sorgum yang dianjurkan ditanam di Indonesia, yaitu Numbu, Kawali, No. 6C, UPCA-S2, KD4, Keris, UPCA-S1, Badik, Hegari Genjah, Mandau, dan Sangkur. Namun karena sistem penyediaan benihnya belum berjalan, petani menanam varietas lokal atau campuran beberapa varietas.

Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi yang lebih luas, meliputi daerah tropis maupun subtropis. Kebutuhan air tanaman sorgum relatif sedikit dibandingkan dengan padi, gandum, dan jagung, sehingga tanaman ini umumnya diusahakan di lingkungan semi-arid atau wilayah beriklim kering. Tanaman sorgum kurang toleran terhadap tanah masam ($\text{pH} < 5$), terutama yang banyak mengandung aluminium.

Sorgum memiliki nilai gizi yang cukup tinggi. Menurut Leder (2004), kandungan karbohidrat biji sorgum relatif sama dengan beras, bahkan kadar protein, kalsium, besi, dan posfor lebih tinggi. Biji sorgum mengandung 73% karbohidrat, 11% protein, 28 mg/100 g kalsium, 4,4 mg/100 g besi, dan 287 mg/100 g fosfor, sedangkan beras mengandung 78,9% karbohidrat, 6,8% protein, 6,0 mg/100 g kalsium, 0,8 mg/100 g besi, dan 140 mg/100 g fosfor (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI 1992). Kandungan protein dan mineral yang tinggi ini menunjukkan kelayakan sorgum sebagai bahan pangan, khususnya bagi masyarakat pedesaan di lahan marjinal.

Meskipun sorgum dapat dibudidayakan di lahan marjinal, namun hasil panen biji di lingkungan tersebut rendah, padahal potensi hasil varietas

unggul dapat mencapai 10 t/ha pada kondisi lingkungan yang optimal. Hal ini disebabkan karena petani di daerah kering merupakan petani kecil yang menanam sorgum dengan input minimal.

Diperlukan strategi dan teknologi untuk menjadikan sorgum sebagai salah satu pangan alternatif di lahan marjinal, yang rata-rata petaninya berpenghasilan rendah. Varietas unggul yang adaptasi terhadap lingkungan marjinal disertai perbaikan manajemen budi daya dan usahatani untuk memperoleh hasil tinggi perlu disediakan bagi petani. Hasil dan kualitas biji merupakan aspek utama yang perlu diperhatikan dalam perakitan varietas sorgum untuk pangan.

TIPE PENYERBUKAN TANAMAN SORGUM

Tipe penyerbukan menentukan metode pemuliaan yang akan digunakan oleh pemulia dalam upaya menghasilkan varietas unggul yang sesuai dengan tujuan perakitan varietas. Tipe penyerbukan dipengaruhi oleh struktur pembungaan tanaman. Pembungaan tanaman sorgum terjadi sebelum matahari terbit hingga tengah hari. Bunga mekar dimulai dari ujung malai, berangsur menuju ke arah pangkal. Stigma mulai reseptif sebelum bunga mekar dan tetap reseptif selama 6-8 hari. Serbuk sari dapat hidup untuk beberapa jam dan kesuburannya berlangsung selama 2-4 jam setelah penyerbukan berakhir. Sorgum lebih dikenal sebagai tanaman menyerbuk sendiri, namun potensi terjadinya penyerbukan silang cukup besar.

Penyerbukan silang pada sorgum yang posisi bentuk panikel terbuka mencapai 30-60%. Pada bunga dengan panikel yang kompak dan tertutup, penyerbukan silang terjadi kurang dari 10% (House 1985). Pedersen *et al.* (1998) menemukan terjadinya penyerbukan silang pada galur restorer (R) dan maintainer (B), mulai dari 0,1% hingga 13%. Barnaud (2008) menerangkan bahwa penyerbukan silang pada sorgum ras liar atau landrace berkisar antara 5-40%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan keragaman tingkat penyerbukan silang pada sorgum dipengaruhi oleh perbedaan morfologi malai (panikel). Djè *et al.* (2004) menyatakan bahwa dari estimasi penyerbukan silang pada landraces sorgum dengan malai terbuka mencapai 16%, sedangkan pada landrace dengan malai sangat kompak hanya 7%.

Pada penyerbukan silang secara alami, sebagian besar sorgum yang ditanam oleh petani dalam satu luasan areal tanam tidak seragam secara genetik. Akibatnya, kemungkinan terdapat variasi ketahanan terhadap cekaman biotis dan abiotis, keragaman hasil dan juga kualitas biji antartanaman pada varietas sorgum yang sama dalam satu lokasi

pertanaman. Oleh karena itu, populasi yang beragam perlu dilakukan pemurnian dengan perakitan galur untuk mendapatkan varietas murni dengan hasil dan kualitas biji tinggi. Penyerbukan silang yang terjadi pada sorgum, yang sebenarnya merupakan tanaman menyerbuk sendiri, dapat dimanfaatkan untuk perbaikan populasi dan pembentukan hibrida unggul (Reddy and Kumar 2005). Besarnya persentase penyerbukan silang menentukan metode pemuliaan dan seleksi yang digunakan dalam proses perbaikan populasi dan galur. Perbaikan dapat dilakukan dengan pemurnian melalui silang dalam untuk menghasilkan galur murni atau populasi yang stabil. Namun perlu dilakukan pemeliharaan secara kontinyu dengan silang dalam untuk mempertahankan kemurnian genetik galur dan populasi yang sudah diperbaiki.

DASAR PEMULIAAN TANAMAN SORGUM

Genetik Sorgum

Sorgum pada dasarnya merupakan tanaman menyerbuk sendiri dengan tingkat penyerbukan silang yang bervariasi, bergantung pada bentuk panikelnnya. Sebagai ketentuan umum tanaman menyerbuk sendiri adalah hibrida atau galur murni. Namun beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tanaman sorgum dalam bentuk hibrida juga memiliki vigor hybrid. Ekspresi heterosis pada sorgum pertama kali ditemukan oleh Conner dan Karper pada tahun 1927, kemudian dilakukan eksplorasi heterosis secara intensif (Pedersen *et al.* 1998). Sharma dan Sharma (2006) menunjukkan adanya heterosis positif berdasarkan tetua tengah (*mid-parent*) dan tetua terbaik (*better-parent heterosis*) yang tinggi pada hibrida sorgum biji untuk karakter bobot dan panjang panikel, hasil biji, hasil biomas, lebar, panjang dan jumlah daun per tanaman (Makanda *et al.* 2010). Heterosis positif tetua tengah dan tetua terbaik juga ditunjukkan oleh ketahanan terhadap busuk biji (*grain mold*) (Kumar *et al.* 2011). Ekspresi heterosis juga ditemukan pada tanaman sorgum manis. Hibrida sorgum manis menunjukkan heterosis positif untuk kandungan brix batang. Hibrida yang berasal dari mandul jantan memiliki heterosis lebih tinggi dibanding galur jantan subur (*male-fertile*) (Pfeiffer *et al.* 2010, Makanda *et al.* 2009). Dengan ditemukannya ekspresi heterosis pada tanaman sorgum memberikan peluang untuk meningkatkan potensi genetik melalui perbaikan populasi dan pembentukan varietas hibrida.

Pemanfaatan heterosis pada varietas hibrida tanaman sorgum memerlukan tanaman mandul jantan untuk persilangan. Ekspresi heterosis pada hibrida diperoleh dari penyilangan galur mandul jantan dan mandul subur. Tanaman sorgum mandul jantan dicirikan oleh tidak terbentuknya

polen fungsional atau polen terbentuk tetapi mengalami kelainan atau anther tidak pecah. Terdapat dua tipe mandul jantan, yaitu mandul jantan genetik (*Genic male sterility, GMS*) dimana gen pengendali mandul terdapat dalam genom, dan mandul jantan sitoplasmik (*cytoplasmic-nuclear male sterility, CMS*). Gen pengendali mandul jantan pada CMS terdapat dalam genom dan sitoplasma. Pemanfaatan mandul jantan dalam program pemuliaan perlu memperhatikan stabilitasnya pada berbagai kondisi dan lingkungan untuk menjaga kemurnian genetik tanaman yang dihasilkan. Stabilitas ini akan mempengaruhi efisiensi program pemuliaan, biaya, dan kualitas produksi benih.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi stabilitas sifat mandul jantan pada tanaman sorgum terutama adalah suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi (Tarumoto 2008). Beberapa sumber GMS terdapat di India dan Amerika dan dikendalikan oleh alel resesif dalam kondisi homosigot pada beberapa lokus. Alel-alel pengendali GMS beserta ekspresinya pada tanaman sorgum terdapat pada Tabel 1. Di antara alel-alel tersebut, hanya ms3 dan ms7 yang banyak digunakan dalam perbaikan populasi karena stabil pada berbagai lokasi dan musim (Reddy and Stenhouse 1994, Reddy and Kumar 2005).

Mandul jantan dari galur CMS lebih stabil dibanding galur GMS, sehingga lebih banyak digunakan dalam program pemuliaan sorgum. Sumber CMS yang ada hingga saat ini berasal dari India, Amerika, dan Afrika (Sane *et al.* 1996, Reddy *et al.* 2008). Sumber sitoplasma A1 sampai A4 dan 9E dapat dibedakan dalam dua kelompok yang berbeda berdasarkan pada perkembangan serbuk sari dan morfologi antera, yaitu (i) A1, A2, A5 dan A6 yang memiliki kepala sari berukuran kecil, tetapi tidak memiliki serbuk sari yang subur (fertil) karena mengalami degradasi selama mikrosporogenesis,

Tabel 1. Gen pengendali mandul jantan, simbol dan mekanisme sterilitas pada tanaman sorgum.

Simbol gen	Mekanisme	Referensi
ms ₁	Polen normal dominan terhadap polen gagal terbentuk dan kosong	Ayyangar and Ponnaiya (1937) Stephens (1937)
ms ₂	Polen normal dominan terhadap polen gagal terbentuk dan kosong	
ms ₃	Polen normal dominan terhadap polen gagal terbentuk dan kosong	Webster (1965)
ms ₄	Polen kosong	Ayyangar (1942)
ms ₅	Polen gagal terbentuk	Barabas (1962)
ms ₆	Terbentuk mikro-anter tanpa polen	Barabas (1962)
ms ₇	Polen kosong	Andrews and Webster (1971)
al	Anter terbentuk tanpa stamen	Karper and Stephens (1936)

Sumber: (Reddy and Kumar 2005)

Tabel 2. Sumber CMS yang dikelompokkan berdasarkan respon terhadap restorasi kesuburan.

Sumber sitoplasma	Galur	Ras*	Asal
A1	Milo	D	-
	IS 6771C	G-C	India
	IS 2266C	D	Sudan
	IS 6705C	G	Burkina Faso
	IS 7502C	G	Nigeria
	IS 3579C	C	Sudan
	IS 8232C	(K-C)-C	India
	IS 1116C	G	India
	IS 7007C	G	Sudan
A2	IS 12662C	G	Nigeria
	IS 2573C	C	Sudan
	IS 2816C	C	Zimbabwe
A3	IS 1112C	D- (DB)	India
	IS 12565C	C	Sudan
	IS 6882C	K-C	USA
A4	IS 7920C	G	Nigeria
9E	IS 7218		Nigeria
	IS 112603C	G	Nigeria
A5	IS 7506C	B	Nigeria
A6	IS 1056C	D	India
	IS 2801C	D	Zimbabwe
	IS 3063C	D	Ethiopia

* = D = *Durra*, G = *Guinea*, C = *Caudatum*, B = *Bicolor*, K = *Kafir*

dan (ii) A3, A4 dan 9E yang memiliki kepala sari berukuran besar, tetapi tidak pecah dan kemungkinan mengandung serbuk sari yang hidup (Schertz *et al.* 1994). Sitoplasmik 9E ditemukan oleh Webster dan Singh (1964) dari seleksi yang dilakukan di Ghana dan galur KS sebagaimana disajikan pada Tabel 2 (Ross 1976).

Sebagian besar sorgum hibrida komersial yang ada saat ini berasal dari galur CMS milo atau A1 (Sane 1996), sedangkan pada CMS 9E, sterilitas galur dipelihara oleh sorgum ras kafir dan milo. Galur CMS 9E memiliki susunan polipeptida dan sekuen DNA mitokondria dan kloroplast yang berbeda dari galur milo (Schertz 1982). Mandul jantan dari galur-galur KS dikendalikan oleh kombinasi gen dalam nucleus sorgum ras kafir dan sitoplasma sorghum liar. KS memiliki respon restorasi kesuburan (*fertility restoration response*) dan sekuen DNA mitokondria (DNAmT) yang juga berbeda dari milo (Xu *et al.* 1995). Sekuen DNAmT KS34, KS38, dan KS39

berkorespon dengan CK60, sedangkan KS35, KS36, dan KS37 berbeda dari milo dan galur KS yang lain. Demikian pula halnya progeni hasil silang uji KS35, KS36, dan KS37 yang lebih subur dibanding progeni tescros CK60, KS34, KS38, dan KS39. Perbedaan respon sterilitas dan sekuen DNAmT galur-galur KS dari milo ini menunjukkan bahwa sitoplasma galur KS berbeda dari sitoplasma galur milo (Schertz and Pring 1982).

PEMBENTUKAN DAN PERBAIKAN POPULASI

Pembentukan Populasi

Populasi merupakan stok keragaman genetik yang digunakan dalam pemuliaan. Kemajuan seleksi dalam suatu populasi bergantung pada konstitusi genetik dari populasi dasar. Populasi dapat dibentuk untuk berbagai tujuan, diantaranya untuk memperbaiki karakter penting, menyeleksi beberapa karakter secara simultan atau memperkaya keragaman genetik dengan membuat persilangan dari generasi ke generasi. Dari persilangan akan terjadi pengumpulan dan segregasi gen-gen di dalam individu tanaman, sehingga akan muncul genotipe baru yang memberi peluang bagi pemulia untuk memilih individu atau famili yang diinginkan.

Populasi baru yang dibentuk sebaiknya mengandung berbagai karakter, seperti daya hasil tinggi, kualitas biji baik dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Dalam pembentukan populasi, galur-galur yang mewakili masing-masing karakter disertakan dalam proporsi tertentu, sehingga populasi yang dihasilkan memiliki keragaman yang cukup untuk menyeleksi setiap karakter yang diinginkan. Gen-gen yang mengendalikan karakter-karakter penting harus dalam frekuensi yang tinggi dan bernilai ekonomi. Heritabilitas dari karakter merupakan faktor penting dalam menentukan proporsi galur yang akan diseleksi. Pembentukan populasi sorgum meliputi tiga tahap, yaitu (1) seleksi tetua, (2) introgresi gen mandul jantan (*male sterility*), dan (3) persilangan acak antartetua (Nath 1982).

1. Seleksi tetua

Pemilihan tetua merupakan tahapan penting dalam pemuliaan, karena akan menentukan tercapainya tujuan pemuliaan. Pemilihan tetua bergantung pada tujuan pemuliaan. Jika pembentukan populasi bertujuan untuk memperbaiki satu karakter, evaluasi harus dilakukan dengan hati-hati terhadap karakter tersebut, dan anggota populasi yang dipilih harus dalam jumlah yang cukup sehingga populasi generasi berikutnya memiliki variabilitas genetik yang cukup untuk seleksi. Demikian halnya jika suatu populasi yang diinginkan untuk seleksi secara simultan dari beberapa

karakter penting bernilai ekonomi, evaluasi harus dilakukan untuk menyeleksi masing-masing karakter yang diinginkan. Karakter penting yang perlu diperhatikan dalam pemuliaan sorgum antara lain daya hasil tinggi, kualitas biji baik, beradaptasi luas, tipe tanaman dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Proporsi galur untuk masing-masing karakter harus disesuaikan sehingga populasi yang dihasilkan memiliki variabilitas genetik yang cukup untuk menyeleksi masing-masing karakter. Untuk itu, frekuensi gen untuk karakter-karakter penting seharusnya relatif tinggi. Nilai ekonomi dan heritabilitas merupakan pertimbangan yang penting dalam menentukan proporsi galur yang dipilih untuk masing-masing karakter.

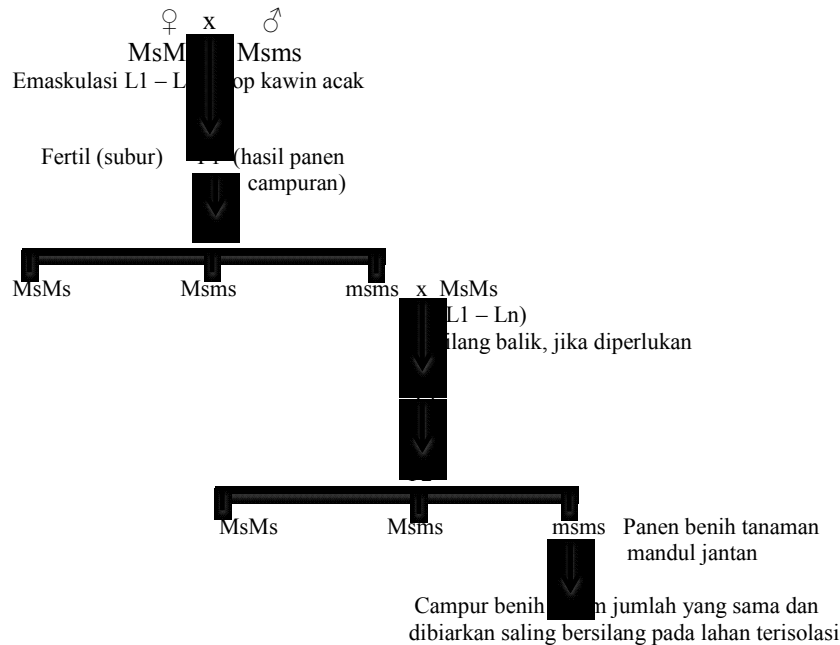
Pembentukan populasi juga perlu mempertimbangkan jumlah tetua yang akan digunakan dalam persilangan. Semakin banyak tetua yang digunakan semakin tinggi keragaman populasi yang dihasilkan (Ross 1976), tetapi rata-rata populasi menjadi semakin rendah. Rata-rata penampilan populasi dan tingkat keragaman menentukan skala seleksi dalam populasi. Populasi sorgum yang telah ada saat ini dibentuk dengan menggunakan jumlah tetua paling sedikit delapan tetua dan paling banyak 40 tetua. Pada umumnya 20 sampai 40 tetua sudah dapat menghasilkan populasi dengan baik untuk berbagai tujuan (Nath 1982).

2. Introgresi gen mandul jantan

Sebagian besar sorgum adalah tanaman menyerbuk sendiri, introgresi mandul jantan ke tanaman sorgum dapat mempermudah persilangan secara alami. Introgresi bisa dilakukan dengan mengawinkan individu tanaman mandul jantan dengan tetua terpilih. Sumber mandul jantan dapat berupa galur atau galur murni, namun populasi yang bersegregasi untuk mandul jantan akan memberikan hasil penggabungan yang lebih baik (Nath 1982). Generasi F₂ dari hasil persilangan ini akan bersegregasi, sebagian menjadi tanaman mandul jantan dan sebagian menjadi tanaman yang fertil. Segregat yang bersifat mandul jantan disilang balik (*back-crosses*) tiga-empat kali, sehingga diperoleh galur mandul jantan dengan sifat agronomi yang baik.

3. Persilangan dan perkawinan acak antar tetua

Benih F₁ dari banyak persilangan dicampur dalam proporsi yang sama dan ditumbuhkan pada lahan terisolasi. Tanaman mandul jantan diidentifikasi selama fase pembungaan, dan benih yang dihasilkan masing-masing dicampur lagi dalam jumlah yang sama. Perkawinan acak dilakukan dengan intensitas seleksi yang sangat rendah, hanya membuang tanaman yang tidak diinginkan, selama tiga generasi. Jumlah populasi yang diperlukan minimal 2.000 tanaman yang harus ditumbuhkan dan 300-500 tanaman mandul



Gambar 1. Tahap introgresi tanaman mandul jantan dengan tanaman sorgum subur jantan (Nath 1982).

jantan hasil persilangan terbuka, dipanen pada setiap generasi rekombinasi. Tahapan pemuliaan introgresi gen mandul jantan dan persilangan untuk pembentukan suatu populasi disajikan pada Gambar 1.

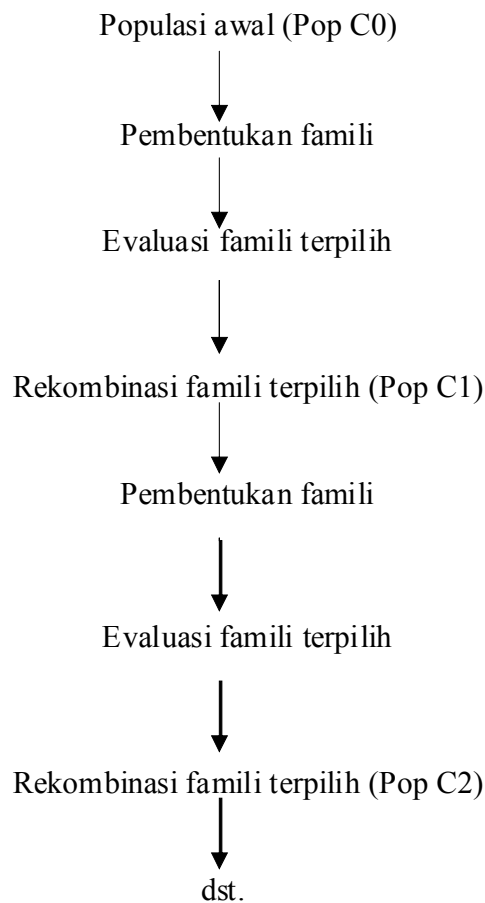
Persilangan juga dapat dimodifikasi dengan memadukan silang balik (*backcross*) dan silang acak, dimana benih F_2 hasil persilangan dari tetuanya masing-masing dapat dicampur dan ditanam. Kemudian tanaman mandul jantan pada generasi F_2 disilangkan dengan campuran semua tetua. Hasil persilangan memungkinkan untuk dilakukan silang balik dan silang acak secara simultan sehingga menghemat waktu pembentukan populasi. Populasi baru juga bisa dibentuk dari persilangan dan silang balik plasma nutfah baru dengan tanaman mandul jantan dari populasi yang sudah ada (Nath 1982).

Perbaikan Populasi

Perbaikan populasi sorgum merupakan strategi pemuliaan jangka panjang untuk menghasilkan galur atau varietas baru dengan komposisi genetik yang luas dan beragam (Nath 1982). Perbaikan populasi meliputi pembentukan reservoir genetik (*gene pool*) dengan komposisi genetik luas menggunakan

metode seleksi berulang (Reddy and Kumar 2005). Melalui persilangan dan seleksi secara berulang-ulang akan lebih mudah mendapatkan tanaman dengan karakter unggul yang diinginkan (Gambar 2).

Penerapan seleksi berulang digunakan pada karakter kuantitatif, terutama hasil biji. Hal ini sesuai dengan program pemuliaan untuk pangan dimana hasil, kualitas, dan komponen hasil menjadi target utama seleksi. Besarnya perbaikan populasi yang bisa dicapai dapat diukur dengan pendugaan nilai kemajuan seleksi, bergantung pada besarnya keragaman genetik dari populasi yang akan diseleksi dan intensitas seleksi yang digunakan. Satu siklus perbaikan populasi melibatkan persilangan antartetua dan seleksi tanaman hasil persilangan.



Gambar 2. Tahapan seleksi berulang untuk perbaikan populasi (Azrai *et al.* 2008).

Terdapat beberapa macam perbaikan populasi yang diklasifikasikan berdasarkan tipe populasi dan unit seleksi. Perbaikan tipe populasi meliputi perbaikan dalam populasi (seleksi dalam populasi) dan antarpopulasi (seleksi hasil rekombinasi lebih dari satu populasi). Unit seleksi dalam perbaikan populasi dapat berupa individu tanaman, famili saudara kandung, famili saudara tiri, dan progeni galur atau inbred (S_1 dan S_2). Seleksi berdasarkan pengamatan visual pada individu tanaman dinamakan seleksi penotipik, sedangkan seleksi pada famili atau progeni disebut seleksi genetik, karena struktur genetik tanaman yang diseleksi dievaluasi pada generasi progeninya (Reddy and Kumar 2005). Berdasarkan klasifikasi tersebut terdapat beberapa metode perbaikan dalam dan antarpopulasi.

1. Metode perbaikan dalam populasi

Perbaikan dalam populasi dapat dilakukan melalui seleksi massa, saudara tiri (*half-sib*), saudara kandung (*Full-sib*), famili S_1 , famili S_2 , dan *testcross*.

Seleksi massa

Seleksi massa mendasarkan pada kemampuan pemulia untuk mengenali karakter yang diinginkan dan tidak diinginkan pada tanaman dalam suatu populasi. Pada seleksi ini, sejumlah tanaman dengan tipe serupa dipilih dan biji dari masing-masing tanaman terpilih tersebut dipanen. Biji hasil panen dari semua tanaman terseleksi kemudian dicampur dengan jumlah/komposisi yang sama menjadi satu untuk membentuk populasi siklus seleksi berikutnya.

Terdapat dua tipe seleksi massa, yaitu seleksi massa negatif dan seleksi massa positif. Seleksi dengan membuang tanaman-tanaman yang tidak diinginkan dinamakan seleksi massa negatif. Sebaliknya, seleksi yang hanya memanen tanaman-tanaman yang diinginkan untuk proses seleksi lebih lanjut merupakan seleksi massa positif. Seleksi massa merupakan seleksi yang mudah dan sederhana karena hanya terdiri dari satu generasi per siklus. Seleksi massa efektif untuk karakter dengan heritabilitas tinggi seperti umur berbunga, tinggi tanaman, dan populasi yang sangat heterogen (Jan-orn *et al.* 1976)

Seleksi saudara tiri

Seleksi ini merupakan perbaikan dari seleksi massa, yang didasarkan pada penampilan famili sehingga pengaruh lingkungan dapat diperkecil. Seleksi saudara tiri (*half-sib family/progeny selection*) memerlukan dua generasi dalam satu siklus seleksi dan melibatkan tanaman progeni. Penggunaan seleksi ini dengan intensitas rendah pada populasi sorgum telah berhasil

memperbaiki penampilan agronomi tanaman secara keseluruhan, meningkatkan keseragaman tinggi tanaman dan umur masak serta meningkatkan kualitas biji (Reddy and Kumar 2005).

Seleksi dilakukan dengan cara menanam populasi dasar dan memilih individu tanaman yang diinginkan. Biji dari individu terpilih tersebut dipanen terpisah sebagai famili baru dan sebagian biji dari hasil tanaman musim pertama akan digunakan pada musim kedua dan sebagian lainnya pada musim ketiga. Pada musim kedua dilakukan evaluasi famili dimana tiap famili ditanam terpisah dan dipilih famili superior berdasarkan karakter yang diinginkan. Famili-famili terpilih kemudian direkombinasi pada musim ketiga pada lahan terisolasi menggunakan biji musim pertama, yaitu dengan mencampur biji dari famili-famili terpilih dan membiarkan terjadi persilangan acak. Rangkaian dari musim pertama hingga ketiga merupakan satu siklus/daur seleksi saudara tiri. Siklus ini dilakukan secara berulang-ulang sehingga gen-gen yang diinginkan tahap demi tahap akan menyatu dalam satu populasi.

Seleksi saudara kandung

Pada seleksi saudara kandung (*full-sib family/progeny selection*) unit seleksi adalah famili saudara kandung, yaitu hasil persilangan dari dua individu tanaman, dan pemulia dapat memilih dua tetua yang akan dijadikan pasangan persilangan. Seleksi dimulai dari populasi dasar yang ditanam dan dilakukan persilangan berpasangan, dengan menyilangkan tanaman pertama dengan tanaman kedua, tanaman ketiga dengan tanaman keempat, dst, dan dibuat resiproknya. Biji hasil persilangan dipanen terpisah sesuai pasangan persilangan dan kemudian dievaluasi pada musim kedua. Evaluasi saudara kandung dilakukan pada satu hingga tiga lokasi, kemudian memilih famili hasil persilangan.

Biji hasil persilangan pada musim pertama dari famili terpilih dicampur, ditanam, dan dibiarkan terjadi persilangan acak di lokasi terisolasi. Dari rangkaian kegiatan tiga musim ini terbentuk populasi C_1 , yaitu populasi yang sudah diperbaiki satu siklus. Perbaikan ini diulang beberapa siklus sampai terbentuk populasi yang diinginkan.

Seleksi famili S1 dan S2

Seleksi S1 dan S2 didasarkan pada penampilan individu tanaman galur S1 atau S2. Konsep dasar dari seleksi progeni silang dalam adalah untuk mengekspose gen-gen resesif yang mengendalikan karakter merugikan, seperti sensitivitas terhadap hama dan penyakit sehingga dapat tereliminasi selama tahap evaluasi, dan untuk meningkatkan variasi gen-gen aditif yang

mengendalikan karakter-karakter penting, seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit (Reddy 1997). Pada musim pertama, populasi dasar ditanam dan dipilih tanaman-tanaman yang memiliki karakter yang diinginkan. Silang dalam (*selfing*) dilakukan pada setiap tanaman terpilih untuk membentuk galur-galur S1 kemudian dievaluasi 1-3 lokasi. Dari evaluasi tersebut dipilih galur-galur S1 superior. Pada musim ketiga, benih galur S1 terpilih dari musim pertama dicampur dan ditanam untuk direkombinasikan membentuk populasi baru. Populasi ini kemudian ditanam dan dibuat persilangan seperti pada musim pertama untuk seleksi S1 siklus kedua. Seleksi S2 dilakukan pada musim ketiga dengan melakukan silang dalam galur-galur S1 untuk membentuk galur S2. Evaluasi galur-galur S2 dilakukan pada musim keempat dan kemudian direkombinasi pada lahan terisolasi untuk membentuk populasi baru pada musim kelima.

Seleksi silang uji

Seleksi silang uji (*testcross family/progeny selection*) merupakan perbaikan populasi yang didasarkan pada penampilan tanaman progeni silang uji, yang dihasilkan dari persilangan antara tanaman-tanaman terpilih dalam populasi dengan populasi uji. Pada seleksi ini, perbaikan populasi bukan hanya berdasarkan penampilannya, tetapi juga berdasarkan daya gabung umum. Seleksi diawali dengan menyeleksi tanaman dalam populasi dan sebagian dari tanaman-tanaman terpilih tersebut disilangdalamkan (*selfed-pollination*), sedangkan sebagian yang lain disilang uji (*test-crossed*) dengan tester umum. Sebagian biji hasil silang uji kemudian ditanam dan dievaluasi untuk memilih famili-famili yang terbaik. Famili-famili yang terpilih kemudian dicampur dan direkombinasikan untuk membentuk populasi baru menggunakan biji hasil silang uji. Penerapan seleksi ini diharapkan mampu meningkatkan frekuensi gen-gen yang berkontribusi terhadap peningkatan daya gabung umum yang baik dan secara bertahap, juga akan meningkatkan penampilan populasi *per se*. Dengan demikian terbuka peluang yang lebih besar untuk mendapatkan galur-galur yang memiliki vigor dan penampilan yang baik dengan daya gabung umum tinggi dari populasi tersebut (Reddy 1997).

2. Metode perbaikan antarpopulasi

Perbaikan antarpopulasi dapat dilakukan melalui seleksi berulang saudara tiri (*half-sib reciprocal recurrent selection*) dan seleksi berulang saudara kandung (*full-sib reciprocal recurrent selection*). Kedua metode seleksi tersebut akan memperbaiki dua populasi sekaligus, dimana populasi A menjadi penguji (*tester*) bagi populasi B. Sebaliknya, populasi B menjadi penguji bagi populasi A.

Seleksi berulang timbal balik saudara tiri

Populasi dasar dengan jarak kerabat genetik yang jauh ditanam kemudian disilang-dalamkan pada grup yang berbeda untuk mendapatkan galur-galur S1. Galur-galur S1 dari populasi A disilangkan dengan populasi B dan galur S1 populasi B disilangkan dengan populasi A. Persilangan ini dinamakan silang puncak (*top cross*). Progeni hasil silang puncak dievaluasi pada satu sampai tiga lokasi dan dipilih famili-famili superior. Berdasarkan penampilan famili dari evaluasi silang puncak, dipilih galur S1 dari kedua populasi. Galur-galur S1 terpilih dicampur dan direkombinasikan membentuk populasi baru. Rangkaian kegiatan tersebut adalah satu siklus seleksi berulang timbal balik saudara tiri. Pada tahapan siklus berikutnya diulang untuk membentuk populasi siklus kedua menggunakan populasi dasar dari populasi rekombinasi S1 terpilih.

Seleksi berulang timbal balik saudara kandung

Populasi dasar dengan jarak kerabat genetik yang jauh ditanam dan sebagian tanaman dari kedua populasi disilang-dalamkan untuk membentuk tanaman S1. Sebagian tanaman yang lain dari populasi satu disilangkan dengan tanaman dari populasi kedua dan sebaliknya, sehingga dihasilkan populasi saudara kandung. Progeni saudara kandung ini dievaluasi, kemudian dipilih famili-famili yang diinginkan. Berdasarkan hasil evaluasi famili-famili tersebut, dipilih tanaman S1 dan kemudian benih tanaman S1 terpilih dicampur dan dilakukan rekombinasi untuk membentuk populasi baru. Rangkaian kegiatan tersebut adalah satu siklus seleksi berulang timbal balik saudara kandung. Tahapan seleksi selanjutnya adalah mengulang kegiatan musim pertama menggunakan populasi dasar dari populasi rekombinasi S1 terpilih untuk memulai seleksi siklus kedua.

Seleksi berulang timbal balik saudara kandung telah digunakan untuk memperbaiki populasi sorgum KP9BC0 dan GTPP7R turunan dari TP24, terhadap 200an persilangan timbal balik saudara kandung, masing-masing 100 silangan per populasi (dengan populasi lain sebagai tetua jantan). Seleksi bekerja sama dengan Universitas Kansas State University (KSU) di Kebun Universitas Nuevo Leon di Monterrey, Meksiko. Terseleksi 15% genotipe saudara terbaik dari lingkungan marjinal dan sisa benih S1 tetua jantan dari tanaman saudara kandung terseleksi digunakan untuk rekombinasi. Estimasi ragam genetik, heritabilitas, dan prediksi hasil dalam populasi dilaporkan oleh Chisi (1993). Estimasi untuk ragam genetik rata-rata dengan konsistensi yang lebih tinggi ditemukan pada persilangan TP24×KP9B (TP24 sebagai betina) kemudian persilangan timbal baliknya KP9B×TP24. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh cytoplasmic secara nyata (Rattunde *et al.* 1997).

3. Perbaikan karakter penting sorgum untuk pangan

Tanaman sorgum yang diperuntukan sebagai bahan pangan beberapa karakter penting yang perlu menjadi pertimbangan oleh pemulia dalam program sorgum diantaranya adalah ideotipe tanaman, kualitas biji, dan kandungan tanin.

Ideotype tanaman

Tanaman sorgum yang ideal untuk sumber bahan pangan adalah yang dapat memberikan hasil biji tinggi dengan kualitas yang baik, karena biji adalah komponen utama sorgum yang akan diolah menjadi makanan. Hasil biji sorgum ditentukan oleh beberapa komponen hasil, khususnya komponen hasil utama seperti lebar, panjang, bobot, dan hasil panikel. Tesso *et al.* (2011) mengamati adanya korelasi positif yang nyata antara hasil biji dengan karakter tersebut. Aksesori sorgum yang memberikan hasil biji tinggi memiliki komponen hasil utama yang juga lebih tinggi dibandingkan dengan aksesori dengan hasil biji rendah.

Komponen hasil biji sorgum dipengaruhi oleh karakter agronomi tanaman, seperti daun dan tinggi tanaman. Korelasi positif yang nyata ditemukan pada komponen hasil utama dengan umur berbunga, tinggi tanaman, dan karakter daun yang meliputi lebar, panjang, jumlah, dan luas area daun (Tesso 2011). Aksesori dengan hasil biji tinggi memiliki daun yang lebih lebar dan panjang, lebih banyak, dan luas area daun lebih besar dibanding aksesori dengan hasil biji rendah. Aksesori tersebut juga memiliki umur berbunga yang lebih panjang dan tanaman yang lebih tinggi.

Masa pengisian biji merupakan salah satu fase penting dalam proses menghasilkan hasil biji. Hasil biji dan komponen hasil biji memiliki korelasi negatif yang nyata dengan masa pengisian biji, sedangkan masa pengisian biji berkorelasi negatif nyata dengan tinggi tanaman dan karakter daun, khususnya lebar dan luas area daun (Tesso 2011).

Aksesori yang menghasilkan biji tinggi menunjukkan masa pengisian biji yang pendek, sedangkan masa pengisian biji yang panjang menghasilkan biji rendah. Aksesori dengan hasil biji tinggi memiliki luas area daun yang lebar, sehingga laju fotosintesis bersih selama masa pengisian biji lebih tinggi dan waktu yang diperlukan untuk pengisian biji menjadi lebih pendek.

Proses fisiologi yang sama juga berlaku untuk tinggi tanaman. Tanaman yang tinggi memiliki jumlah daun lebih banyak dan luas area daun yang lebih besar, sehingga masa pengisian biji lebih pendek dan mampu memberikan hasil biji tinggi. Oleh karena itu, dalam program pemuliaan sorgum, untuk mendapatkan varietas dengan hasil biji tinggi, seleksi plasma

nutfah dapat dititikberatkan pada karakter komponen hasil utama, luas daun yang lebar, dan meningkatkan laju pengisian biji melalui pengurangan waktu pengisian biji yang terlalu lama (Tesso *et al.* 2011).

Hasil biji tinggi diperoleh dari panikel yang lebih besar dan berat sehingga dalam proses pemuliaannya perlu memperhatikan kekuatan batang untuk menyangga berat panikel saat pengisian biji hingga biji telah terisi sempurna. Batang yang kuat membuat tanaman mampu menopang malai dengan biji yang banyak dan tidak mudah rebah sampai panen sehingga mengurangi risiko kehilangan dan kualitas.

Di Indonesia, petani umumnya menanam sorgum biji sebagai tanaman tumpang sari dengan tanaman hortikultura. Petani-petani yang melakukan praktek ini mayoritas menginginkan tanaman sorgum dengan postur relatif rendah hingga sedang. Dengan demikian sinar matahari dapat menjangkau seluruh tanaman, sehingga beberapa jenis tanaman berbeda yang ditanam pada lokasi yang sama akan mendapatkan pasokan sinar matahari yang merata dan optimal untuk pertumbuhannya. Acquaaah (2007) menjelaskan ideotipe sorgum sebagai penghasil biji untuk pangan toleran lahan masam adalah yang memiliki karakter produktivitas tinggi, hasil stabil pada kondisi lingkungan yang bervariasi, struktur batang pendek, umur genjah, toleran terhadap aluminium, tahan hama dan penyakit, dan kualitas biji baik.

Kualitas biji

Kualitas biji merupakan karakter penting dalam pemanfaatan sorgum untuk pangan dan pakan. Dalam penggunaannya sebagai bahan baku pangan, kualitas biji didasarkan pada penampilan biji seperti warna, aroma, dan rasa biji serta kualitas masak (*cooking quality*). Sorgum sering digunakan sebagai bahan olahan untuk mensubstitusi tepung terigu dan penerimaan produk makanan dari bahan sorgum sering dipengaruhi oleh warna bijinya. Warna biji sorgum dipengaruhi oleh warna perikarp, keberadaan pigmen dalam lapisan testa, dan warna sekunder tanaman (Waniska and Rooney 2000).

Warna perikarp dikendalikan oleh gen R dan Y (Valencia and Rooney 2009). Kedua gen tersebut berinteraksi secara epistatik dan menghasilkan warna pada epikarp, lapisan luar perikarp, seperti yang tertera pada Table 3. Intensitas warna merah dan kuning lemon epikarp akan meningkat pada saat alel dominan gen *Intensifier* (*I*_) terekspresi melebihi warna perikarp, sedangkan perikarp putih akan menjadi opaque. Warna pada lapisan testa dikendalikan oleh gen Tp, dimana testa akan berwarna ungu apabila gen dalam kondisi homositot resesif (*tptp*) dan berwarna coklat pada saat gen dominan (*Tp*_). Keberadaan pigmentasi pada testa ditentukan oleh susunan gen B1 dan B2. Keberadaan gen *Spreader* (*S*_) juga akan mempengaruhi

Tabel 3. Susunan gen dan fenotipe pada warna epikarp, dan testa biji sorgum.

Susunan gen	Fenotipe warna
Epikarp	
R_Y_	Epikarp merah
R_yy	Epikarp putih
rrY_	Epikarp kuning lemon
rryy	Epikarp putih
Testa	
B1_ B2_	Testa berpigmen
B1_ b2b2	Testa non-pigmen
b1b1 B2_	Testa non-pigmen
b1b1 b2b2	Testa non-pigmen
Warna tanaman	
P_Q_	Warna ungu
P_qq	Warna merah
ppQ_	Warna coklat (<i>tan plant color</i>)
ppqq	Warna coklat (<i>tan plant color</i>)

Sumber: (Valencia 2009)

warna pada lapisan perikarp dan testa. Alel dominan gen *Spreader* (*S_*) mengakibatkan warna coklat yang dihasilkan gen *B1_B2_* tersebar ke seluruh perikarp. Alel homozigot resesif (*ss*) menyebabkan warna coklat (*B1_B2_*) hanya muncul pada lapisan testa (Valencia and Rooney 2009).

Pasangan-pasangan gen warna tanaman diasosiasikan dengan warna glume pada kelopak biji dan gen *P_Q_* mempengaruhi jaringan maternal biji dan memodifikasi pengaruh faktor pewarna yang lain. Selain ketiga faktor tersebut, lapisan mesokarp juga mempengaruhi warna biji sorgum. Ketebalan lapisan mesokarp ditentukan oleh gen *Z_* dan *zz*, dimana alel dominan *Z_* menghasilkan lapisan perikarp yang tipis dan biji berwarna putih. Perikarp yang tipis adalah transparan sehingga warna pada lapisan testa dan endosperm akan nampak dan mempengaruhi warna biji-. Alel resesif homozigot (*zz*) menyebabkan lapisan perikarp yang tebal dan memberikan warna putih seperti kapur karena konsentrasi pati yang tinggi (Valencia and Rooney 2009).

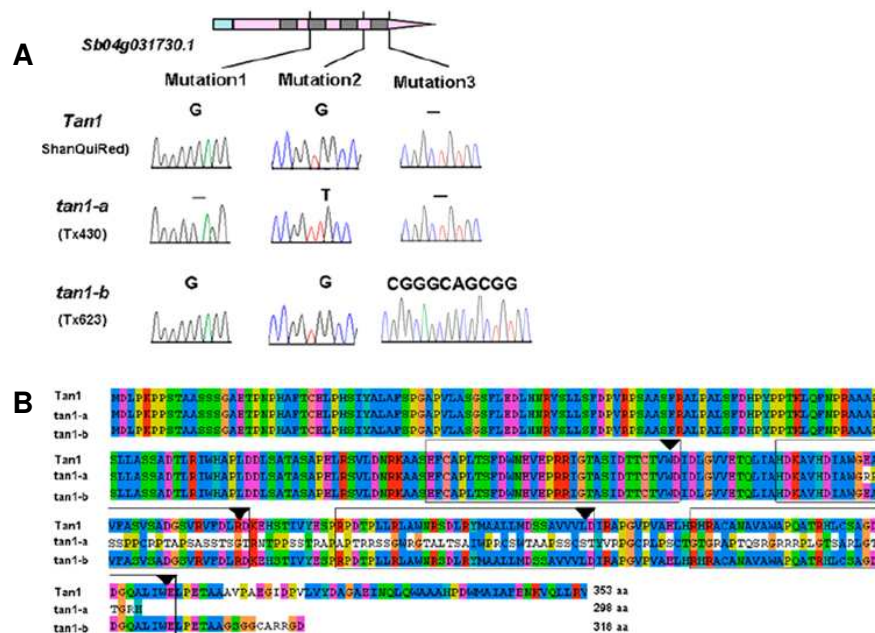
Sering terjadi kesalahpahaman mengenai pengaruh tanin biji sorgum terhadap kualitas biji sebagai bahan pangan, dan warna biji dapat dijadikan indikator kadar kandungan tanin biji. Tanin merupakan salah satu senyawa fenol dalam biji sorgum. Tanin dapat mengikat protein, karbohidrat, dan mineral yang mengakibatkan menurunnya daya cerna nutrisi dalam biji sorgum apabila dikonsumsi sebagai bahan pangan (Dykes and Rooney 2006).

Taylor *et al.* (2007) melaporkan terjadinya penurunan daya cerna sebesar 50% karena pembentukan kompleks total kafirin dengan tanin terkondensasi. Kafirin merupakan protein utama biji sorgum yang terdiri atas tiga kelompok, yaitu α , β , dan γ -kafirin (Johns and Brewster 1916). Tanin cenderung membentuk ikatan dengan γ -kaûrin dibanding α - dan β -kaûrin karena γ -kaûrin memiliki kandungan prolin yang tinggi (Taylor *et al.* 2007). Daya cerna protein sorgum selain dipengaruhi oleh tanin, juga faktor lain yang mempengaruhi daya cerna (Elkin *et al.* 1996).

Penurunan daya cerna protein sorgum dapat terjadi apabila terdapat faktor-faktor yang mengendalikannya. Dengan menurunkan daya cerna zat gizi biji sorgum, tanin berkontribusi dalam menurunkan efisiensi pangan pada saat dikonsumsi. Namun tanin tidak bersifat meracun (Dykes and Rooney 2006). Tanin juga dapat memberikan pengaruh positif terhadap kesehatan pada saat digunakan untuk pangan. Sebagian besar sorgum tidak mengandung tanin yang terkondensasi (*condensed tannins*) atau dikenal dengan proanthocyanidins. Tanin terkondensasi, yang tersusun dari flavan-3-ols, merupakan antioksidan yang sangat bagus yang mengalami hidrolisis lambat pada makanan, menghasilkan produk berwarna gelap secara alami dan meningkatkan kandungan serat makanan (Dykes and Rooney 2006). Dengan demikian sorgum yang mengandung tanin tidak meracun dan dapat dikonsumsi untuk pangan. Program pemuliaan sorgum untuk pangan perlu memperhatikan konsentrasi tanin biji yang tepat sehingga biji sorgum dapat memberikan efisiensi dan kualitas pangan yang memadai.

Warna biji tidak dapat dijadikan indikator terpercaya dalam menentukan kadar tanin pada biji sorgum. Boren dan Waniska (1992) menemukan kandungan tannin yang bervariasi pada warna perikarp dari berbagai varietas sorgum. Sorgum dengan warna perikarp putih, kuning, merah atau coklat dapat mengandung tanin atau juga tidak. Tanin terdapat pada lapisan testa dan sintesisnya dipengaruhi oleh gen dominan B1 dan B2 (B1_B2_). Pigmentasi pada lapisan testa oleh gen tersebut merupakan efek dari terjadinya kondensasi penol dalam testa. Kandungan tanin yang disintesis ditentukan oleh gen *Intensifier* (I-) dan gen *Spreader* (S_). Apabila terdapat pigmen dalam testa, gen *spreader* S mengendalikan pigmen warna coklat pada epikarp dan endocarp, yang kemungkinan adalah tanin (Blakeley *et al.* 1979). Sorgum yang mengandung gen B1_B2_SS memiliki kandungan tanin terkondensasi paling tinggi, yang juga menunjukkan resistensi tinggi terhadap jamur dan burung (Dykes and Rooney 2006). Selain resistensi sorgum terhadap stres, kandungan tanin dalam biji juga berkorelasi dengan kekerasan biji (Xiang 2009).

Penelitian Xiang (2009) telah berhasil mengidentifikasi dua *Quantitative Trait Loci* (QTL) yang berhubungan dengan sintesis tanin terkondensasi pada lapisan testa. Masing-masing QTL terdapat pada kromosom 2 dan 4,



Gambar 3. Polimorfisme nukleotida ORF gen Tan 1. A) tiga mutasi dan sekuen kromatogram code region Tan 1. B) Polimorfisme asam amino ketiga alel. empat domain berulang (repeat domain) diindikasikan oleh kotak dan segitiga hitam. Sumber: (Wuet *al.* 2012).

kedua QTL menunjukkan interaksi epistasis yang sangat kuat. Kedua QTL tersebut beserta interaksinya menjelaskan 74% dari variasi fenotipik yang terjadi. Gambar 1 menunjukkan polimorfisme nukleotida gen *Tan 1*, yang mengkode protein WD40, mengendalikan sintesis tanin pada sorgum. Polimorfisme terjadi karena delesi 1 bp G pada *coding region* yang menyebabkan terjadinya pergeseran frame dan stop kodon prematur sehingga menghasilkan alel nonfungsional *tan 1a*. Di samping itu, insersi 10 bp membentuk alel nonfungsional kedua *tan 1b*, sedangkan transfer *Open Reading Frame* (ORF) gen *Tan 1* ke dalam *Arabidopsis nontanin*. Tanaman *Arabidopsis* yang tidak memproduksi tanin menyebabkan tanin kembali tersintesis. Hal ini mengonfirmasi peran gen *Tan 1* dalam mengendalikan sintesis tanin pada sorgum.

Kandungan nutrisi biji

Biji sorgum memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibanding mayoritas biji sereal lain. Namun, pemanfaatan biji sorgum sebagai bahan pangan masih terbatas oleh daya cerna (*digestibility*) protein yang buruk dan kandungan asam amino esensial yang rendah. Kandungan protein biji sorgum berkisar antara 6-18% dan dikelompokkan ke dalam protein prolamin dan nonprolamin. Protein yang termasuk dalam kelompok prolamin antara lain kafirin, yang merupakan protein simpan utama (*storage protein*) (Johns and Brewster 1916) dan kafirin penyusun 77-82 % dari total protein biji (Benmoussa *et al.* 2006), yang merupakan penyusun utama protein biji sorgum (Mokrane *et al.* 2009).

Protein nonprolamin menyusun 30% protein biji sorgum (Benmoussa *et al.* 2006). Dalam kafirin terkandung asam glutamine, asam amino nonpolar dan asam amino esensial yang penting sebagai sumber gizi pangan. Akan tetapi, kafirin sangat sulit dicerna karena mikrostruktur kafirin terikat sangat kuat pada badan protein bulat (*spherical protein bodies*) (de Mesa-Stonestreet *et al.* 2010). Resistensi terhadap daya cerna ini juga disebabkan oleh interaksi kafirin dengan polyphenols, lipida, dan komponen dinding sel (Duodu *et al.* 2003), di samping pembentukan kompleks kafirin dengan tannin (Taylor *et al.* 2007). Selain daya cerna kafirin, pemanfaatan biji sorgum untuk tepung atau bahan dasar pangan olahan juga mengalami hambatan yang disebabkan oleh viskoelastisitas kafirin yang buruk, yaitu kemampuan kafirin untuk menjadi kental dan lengket sebagai adonan saat dicampur dengan pati dan air (Kulamarva *et al.* 2004). Telah banyak penelitian dilakukan untuk mengatasi daya cerna yang menjadi masalah dalam pemanfaatan protein biji sorgum secara fungsional melalui teknik-teknik khusus seperti *wet-milling*, ekstraksi dengan bahan khusus (alkalin, asam asetat glacial, dll) dan sonikasi yaitu memanfaatkan gelombang ultra sonik untuk mempercepat proses perpindahan massa senyawa bioaktif dari dalam sel tanaman ke pelarut (de Mesa-Stonestreet *et al.* 2010). Akan tetapi praktek-praktek tersebut menjadi tidak praktis dan membutuhkan biaya untuk bisa memanfaatkan biji sorgum secara langsung. Oleh karena itu, pemuliaan tanaman sorgum untuk bahan pangan perlu menempatkan daya cerna kafirin sebagai salah satu tujuan dalam program penelitian.

Kandungan asam amino esensial, yaitu lysine, threonine, tryptophan dan methionine, dalam kafirin masih sangat rendah untuk digunakan sebagai sumber gizi pangan. Komposisi asam amino esensial tersebut dalam protein biji sorgum sangat bervariasi. Kandungan lysine dalam protein biji sorgum pada umumnya 2,05 g/100 g protein, dan tryptophan dan methionine masing-masing 87 mg dan 63 mg/gram nitrogen (FAO 1995). Hingga saat ini telah diidentifikasi dua gen yang mengendalikan sintesis lysine tinggi pada tanaman sorgum, yaitu gen resesif *hl* (*high lysine gene*)

dan gen P-271 *opaque*. Gen *hl* diidentifikasi pada dua galur sorgum dari Ethiopia, yaitu IS 11167 dan IS 11758, dengan mengubah pola asam amino dalam endosperma biji galur *hl*, yaitu meningkatnya kandungan lysine, arginine, asam aspartic, glycine dan tryptophan, dan menurunkan kandungan asam glutamic, proline, alanine, dan leucine. Hal ini menyebabkan kedua galur tersebut memiliki kandungan lysine yang sangat tinggi dengan kandungan relatif protein yang juga tinggi, yaitu galur IS 11167 sebesar 3,34 g dan galur IS 11758 sebesar 3,13 g/100 g protein pada kandungan 15,7 dan 17,2% protein (Singh and Axtell 1973).

Gen P-271 *opaque* berasal dari induksi menggunakan bahan kimia ethyl methane sulphonate (EMS) (Mohan 1975). Kandungan lysine yang tinggi pada mutan P-271 *opaque* berasal dari meningkatnya kandungan glutelin yang kaya lysine dan menurunnya kafirin yang miskin lysine (van Scoyoc 1988). Pada barley juga ditemukan galur mutan yang memiliki kandungan lysine tinggi, yaitu Hiproly. Sebagian besar tanaman serelia memiliki kandungan lysine tinggi yang dihasilkan dari menurunnya proporsi prolamins yang miskin lysine, yang diasosiasikan dengan efek pleiotrofik pada biji. Namun tidak demikian dengan Hypo-ly, kandungan lysine tinggi pada mutan ini dihasilkan dari meningkatnya proporsi empat spesifik protein kaya lysine, yaitu chymotrypsin inhibitors CI-1 dengan kandungan lysine 9,5 g% dan CI-2 11,5 g% lys, beta-amylase 5,0 g% lys dan protein Z (a serpin proteinase inhibitor) dengan 7,1 g% lysine (Rooney dan Murty 1982).

Penelitian Reddy dan Jacobs (2002) menunjukkan adanya keragaman genetik pada galur-galur sorgum yang memiliki lysine tinggi dan juga galur normal dengan kandungan lysine rendah, sehingga memberi peluang menerapkan marka molekuler dalam program pemuliaan untuk mendapatkan sumber genetik baru lysine tinggi. Vernailen *et al.* (1993) mengembangkan metode skrining untuk menyeleksi tanaman sorgum dengan kandungan lysine tinggi berdasarkan pertumbuhan panjang akar, dengan menumbuhkan benih sorgum pada media yang mengandung aminoethylcysteine (AEC). Nilai korelasi antara panjang akar dan kandungan lysine adalah 0,926 dan metode ini berpotensi digunakan untuk menyeleksi plasma nutfah sorgum. Adanya keragaman genetik dan identifikasi gen-gen yang berperan dalam sintesis lysine tersebut berpeluang dimanfaatkan dalam pemuliaan untuk meningkatkan kandungan dan kualitas protein sorgum melalui kombinasi pemuliaan konvensional dan bioteknologi. Biji sorgum dengan kualitas protein bagus, yaitu yang mengandung protein tinggi dengan kandungan asam amino esensial yang juga tinggi, serta daya cerna protein memadai, adalah jenis sorgum yang layak dikonsumsi sebagai bahan pangan. Sorgum biji dengan kualitas protein tinggi akan berkontribusi pada perbaikan nilai gizi pangan dan pakan yang menggunakan sorgum sebagai sumber protein utama.

Pengaruh Lingkungan

Interaksi genotipe x lingkungan memengaruhi komposisi kimia, sifat fisik, dan kualitas makanan sorgum (Hulse *et al.* 1980, Reichert *et al.* 1982). Pengaruh lingkungan tersebut harus menjadi pertimbangan dalam program pengujian kualitas sorgum sebagaimana halnya tanaman sereal lain (Heyne dan Barmore 1965, Juliano 1979). Lingkungan sangat memengaruhi kualitas roti (Murty *et al.* 1982), tortilla (Khan *et al.* 1980), serta alkali dan asam (Scheuring *et al.* 1982, Da *et al.* 1982). Faktor lingkungan yang menyebabkan terjadinya keragaman kualitas nutrisi dan makanan sorgum diantaranya adalah kekeringan, patogen, serangga, pencucian atau pencemaran figmen. Pada umumnya varietas lokal memiliki kualitas yang lebih beragam pada lingkungan yang beragam, sedangkan varietas introduksi sangat beragam. Efeknya mempengaruhi sifat penggilingan maupun organoleptik seperti rasa, warna, dan tekstur (Scheuring *et al.* 1982, Rooney and Murty 1982).

Kriteria Seleksi Sorgum untuk Pangan

Sampai saat ini, belum ada metode seleksi yang jelas untuk membantu pemulia sorgum menyeleksi genotipe berkualitas baik untuk pangan, sebagaimana halnya pemuliaan gandum dan padi. Program pemuliaan nasional dan regional dapat menyeleksi kultivar untuk produk pangan tertentu, sedangkan pada program pemuliaan internasional mengidentifikasi kultivar yang sesuai untuk berbagai makanan. Uji cepat kualitas makanan di laboratorium sangat diperlukan oleh pemulia untuk mengetahui kemajuan genetik kandungan nutrisi materi pemuliaannya.

Penerapan seleksi berulang dari genotipe atau kultivar yang memiliki kualitas pangan yang baik (komposisi kimia, sifat fisik dan kualitas sorgum) merupakan salah satu solusi dalam menghasilkan sorgum yang berkualitas untuk pangan. Seleksi tanaman di lapangan, selain memerhatikan potensi hasil dan karakter agronomis penting lainnya, juga perlu memerhatikan beberapa karakter, diantaranya keberadaan testa (b1 b1 or b2 b2), pericarp tipis (Z-), tekstur endosperm yang tepat, ukuran sedang dan bentuk bulat, tanaman berwarna cokelat (pp-), tahan jamur, dan karakter agronomi lain termasuk warna glume jerami di lapangan. Dengan kemajuan teknologi, penerapan marka molekuler pada seleksi berulang dapat mempercepat pemuliaan sorgum untuk pangan yang memiliki kandungan nutrisi dan daya cerna yang berkualitas.

Pembentukan Varietas Sorgum Toleran Cekaman Abiotik dengan Teknik Mutasi

Dalam pemuliaan tanaman, peran utama iptek nuklir adalah terkait dengan kemampuannya dalam menginduksi mutasi pada materi genetik. Kemampuan tersebut dimungkinkan karena nuklir memiliki energi cukup tinggi untuk dapat menimbulkan perubahan pada struktur atau komposisi materi genetik tanaman (level genom, kromosom, gen atau DNA). Perubahan yang terjadi secara tiba-tiba, acak dan diwariskan pada generasi berikutnya dikenal dengan istilah mutasi. Sebetulnya mutasi pada tanaman dapat terjadi secara alami yaitu sebagai akibat pengaruh radiasi sinar kosmis, namun prosesnya terjadi dengan laju sangat lambat. Laju mutasi dapat ditingkatkan dengan induksi (induced mutation) menggunakan energi nuklir seperti radiasi sinar gamma. Pada level tertentu, mutasi pada tanaman dapat menimbulkan ragam genetik yang berguna sebagai bahan dasar proses seleksi genotipe dalam program pemuliaan.

Induksi mutasi pada tanaman dapat dilakukan dengan perlakuan bahan mutagen (mutagenic agent) terhadap materi reproduktif tanaman seperti benih, bibit atau organ reproduksi in-vitro (kultur sel atau jaringan). Mutagen digolongkan ke dalam dua jenis yaitu mutagen kimia (chemical mutagen) dan mutagen fisika (physical mutagen). Mutagen kimia pada umumnya berasal dari senyawa kimia yang memiliki gugusan alkil seperti ethyl methane sulphonate (EMS), diethyl sulphate (DES) dan methyl methane sulphonate (MMS); sedangkan mutagen fisika merupakan radiasi sinar pengion seperti radiasi gamma, radiasi beta, neutron, dan partikel dari akselerator.

Mutagen kimia dapat menimbulkan mutasi melalui beberapa mekanisme. Apabila materi genetik tanaman diberi perlakuan mutagen kimia, maka gugus alkil aktif dari bahan mutagen dapat ditransfer ke molekul lain pada posisi di mana kepadatan elektron cukup tinggi seperti pada gugus fosfat molekul purin dan pirimidin yang merupakan penyusun struktur deoxiribonucleic acid (DNA), yaitu struktur kimia yang membawa gen (sifat keturunan). Basa-basa yang menyusun struktur DNA terdiri dari adenin, guanin, timin, dan sitosin. Adenin dan guanin merupakan basa bercincin ganda yang disebut purine, sedangkan timin dan sitosin bercincin tunggal disebut pirimidin. Struktur molekul DNA berbentuk pilinan ganda (double helix) dan tersusun atas pasangan spesifik adenin-timin dan guanin-citosin. Suatu contoh mutasi yang paling sering ditimbulkan oleh mutagen kimia adalah perubahan basa pada struktur DNA yang mengarah pada pembentukan 7-alkyl guanine (Van Harten 1998).

Mutagen fisika merupakan radiasi pengion yang dapat melepas energi sehingga menimbulkan ionisasi begitu melewati atau menembus materi. Apabila materi reproduksi tanaman terkena radiasi, proses ionisasi akan

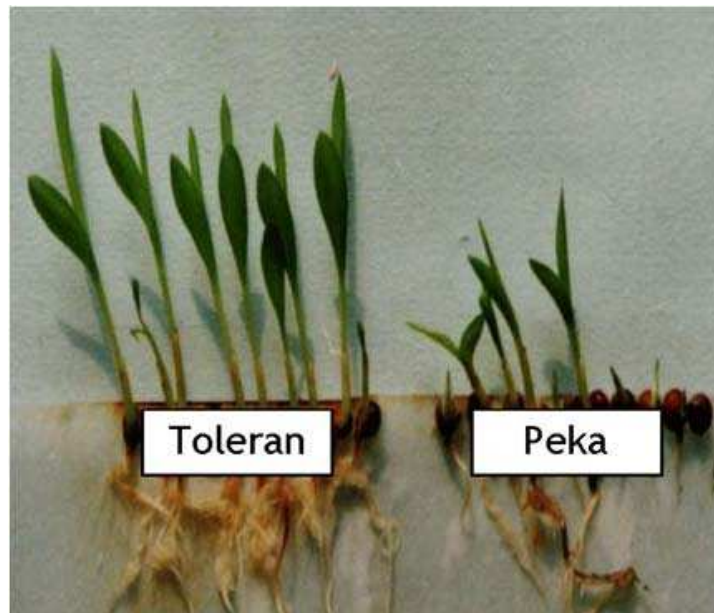
terjadi dalam jaringan tanaman. Ionisasi pada jaringan yang mengandung materi genetik dapat menimbulkan perubahan struktur dan komposisi yang sering bersifat permanen dan terwariskan (*heritable*) ke generasi berikutnya. Perubahan genetik (disebut mutasi) yang terwariskan sering berdampak positif bagi peningkatan keragaman yang diperlukan dalam proses seleksi dalam program pemuliaan tanaman.

Mutasi pada materi genetik sering diekspresikan secara langsung dan teramati pada fenotipe tanaman homozygote, dan diturunkan ke generasi berikutnya. Pada kasus lain, mutasi mungkin tidak secara langsung terekspresikan pada fenotipe yaitu bila mutasi terjadi ke arah resesif dan berada pada struktur genotipe heterozygote (*silent mutation*). Ekspresi mutasi pada fenotipe dapat mengarah ke positif atau negatif (relatif tergantung pada tujuan pemuliaan), dan mungkin juga mutasi dapat kembali menjadi normal (*recovery*). Mutasi ke arah negatif mungkin dapat menyebabkan kematian (*lethality*), ketidaknormalan (*abnormality*), sterilitas (*sterility*) atau kerusakan fisiologis lainnya (*physiological disorders*). Namun demikian, efek sterilitas dari mutasi sering diperlukan dalam pembentukan tanaman hibrida seperti pada padi dan jagung. Demikian pula efek ketidaknormalan yang sering diharapkan, misalnya pada tanaman hias di mana mutasi mungkin menimbulkan keunikan tertentu yang memberikan nilai ekonomis tinggi. Mutasi ke arah sifat positif dan diwariskan ke generasi berikutnya merupakan mutasi yang diharapkan pada umumnya. Sifat positif yang dimaksud adalah sangat relatif, tergantung pada tujuan atau arah pemuliaan tanaman.

Pemuliaan tanaman sorgum dengan teknik mutasi diarahkan untuk mendapatkan galur mutan yang toleran terhadap cekaman abiotik yaitu kekeringan dan lahan masam, sehingga varietas yang dihasilkan dapat mendukung pengembangan daerah marginal. Skrining galur mutan sorgum tahan kekeringan menggunakan kombinasi metoda tidak langsung (metoda Polyethylene Glycol atau PEG) dan metoda langsung (uji lapangan) pada musim kering. Pengujian tidak langsung dilakukan di laboratorium di mana seedlings ditumbuhkan pada media tumbuh mengandung 25% PEG (Gambar 4). Menurut Singh *et al.* (1998), media tumbuh yang mengandung PEG 25% dapat mereduksi potensial air yang dapat diserap akan ekuivalen dengan kondisi kekeringan alami sehingga absorpsi air oleh akar dapat dipengaruhi/dihambat. Tanaman sorgum mutan yang toleran di laboratorium kemudian dipilih untuk diuji secara langsung di lapangan.

Skrining toleransi galur mutan sorgum terhadap lahan masam dilakukan secara tidak langsung di laboratorium dan juga secara langsung di lapangan. Masalah utama dalam pertumbuhan tanaman di lahan masam adalah kondisi lahan yang masam (pH tanah rendah), tingkat keracunan Aluminium

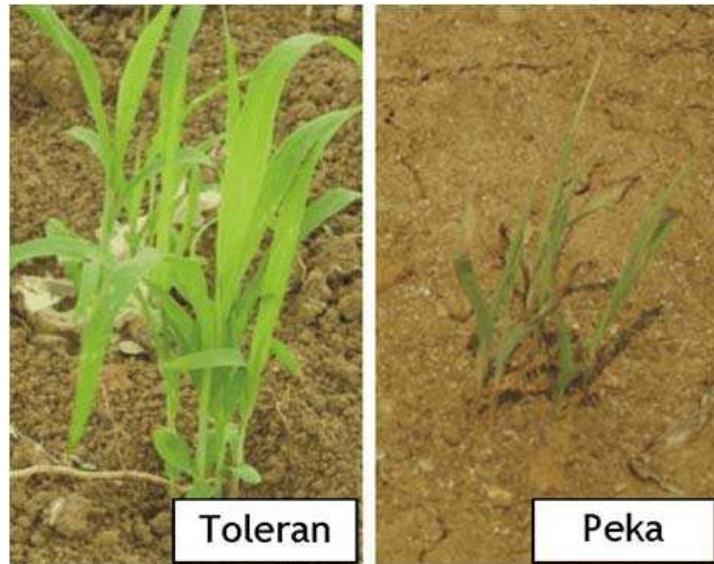
(Al-toxicity) yang tinggi dan sering disertai dengan defisiensi P (Kochian et al. 2005). Skrining tidak langsung dilakukan di laboratorium menggunakan metoda AlCl_3 di mana tanaman seedlings ditumbuhkan pada media mengandung 148 iM AlCl_3 (Gambar 5). Mutan sorgum yang toleran di laboratorium kemudian dipilih untuk diuji secara langsung di lapangan. Respon mutan sorgum terhadap tanah masam kemungkinan dapat menunjukkan toleran atau peka seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Metoda PEG 25% digunakan untuk skrining galur mutan sorgum toleran terhadap kekeringan.



Gambar 5. Metoda AlCl_3 digunakan untuk skrining galur mutan sorgum toleran terhadap kemasaman (Al-toxicity).



Gambar 6. Respon mutan sorgum terhadap tanah masam (pH 4,3) dapat menunjukkan toleran atau peka.

PENUTUP

Di Indonesia, sorgum mulai berkembang sejak 1973, terutama di Demak, Kudus, Grobogan, Purwodadi, Lamongan, dan Bojonegoro (Suprpto dan Mudjisihono 1987). Perakitan varietas sorgum di Indonesia belum intensif, sehingga jumlah varietas yang dihasilkan masih terbatas. Varietas sorgum yang sudah dilepas pada umumnya merupakan introduksi dari ICRISAT yang diadaptasikan dan diseleksi di Indonesia dan sebagian kecil dihasilkan dari hasil mutasi. Varietas sorgum yang dihasilkan berupa galur murni atau komposit, belum ada varietas hibrida, sebagaimana yang sudah dikembangkan di negara lain seperti India, China, dan Amerika.

Ke depan, kerja sama penelitian sorgum dengan lembaga penelitian dan pengembangan sorgum internasional seperti ICRISAT dan perusahaan pengembang sorgum hibrida seperti PT. Advanta Global perlu diintensifkan. Hal ini didasarkan pada keterbatasan sumber daya genetik dan jumlah pemulia sorgum yang terbatas. Dengan demikian, pengembangan sumber daya genetik dan pemulia sorgum perlu menjadi prioritas ke depan.

Program pemuliaan sorgum ke depan hendaknya mengarah pada pemanfaatan marka molekuler untuk mendukung perakitan varietas sorgum pangan, yang sejalan dengan program ketahanan dan kemandirian pangan Indonesia. Dengan pemanfaatan marka molekuler sebagai alat

bantu seleksi pada metode pemuliaan seleksi berulang dapat membantu pembentukan populasi dan galur-galur unggul sebagai tahapan pembentukan varietas sorgum hibrida unggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. 2007. Principles of plant genetics and breeding. Blackwell Pub: Malden, Mass, USA.
- Azrai, M., M. J. Mejaya, dan Y.H. Gaffar. 2008. Pemuliaan jagung khusus *dalam* Buku Jagung. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. Bogor.
- Barnaud, A., G Trigueros, and D McKey. 2008. High outcrossing rates in fields with mixed sorghum landraces: how are landraces maintained? *Heredity* 101: 445–452.
- Benmoussa, M., B. Suhendra, A. Aboubacar, and B.R. Hamaker. 2006. Distinctive sorghum starch granule morphologies appear to improve raw starch digestibility. *Starch* 58(2): 92–9.
- Blakeley, M.E., L. W. Rooney, , R. D. Sullins, R.D., F. R. Miller. 1979. Microscopy of the pericarp and the testa of different genotypes of sorghum. *Crop Science* 19:837–842.
- Boren B. and R.D. Waniska. 1992. Sorghum seed color as an indicator of tannin content. *J. Appl. Poultry Res.* pp.117-121.
- Carr, T.P., C.L. Weller, V.L. Schlegel, S.L. Cuppett, D.M. Jr Guderian, and K.R.Johnson. 2005. Grain sorghum lipid extract reduces cholesterol absorption and plasma non-HDL cholesterol concentration in hamsters. *The Journal of Nutrition* 135(9): 2236-2240.
- Chisi. 1993. Evaluation of Selection Procedures in Multiple Environments to Identify Parent Lines for Grain Sorghum Hybrids (Sorghum Bicolor L. Moench). Kansas State University. 342p.
- Da, S., J.O. Akingbala, J.F. Scheuring, and L.W. Rooney. 1982. Evaluation of to quality in a sorghum breeding program. In *Proceedings, International Symposium on Sorghum Grain Quality, ICRISAT, 28-31 Oct 1981*.
- De Mesa-Stonestreet, N.J., Sajid Alavi, and Scott R. Bean. 2010. Sorghum proteins: the concentration, isolation, modification, and food applications of kaûrins. *Journal of Food Science* 75(5): 90-104.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traoré, A.G.J. Voragen, and W.J.H. van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology* 5 (5): 384-395.

- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992. Daftar komposisi bahan makanan. Bhratara, Jakarta. 57 p.
- Djè, Y., M. Heuertz, M. Ater, C. Lefèbvre, and X. Vekemans. 2004. In situ estimation of outcrossing rate in sorghum landraces using microsatellite markers. *Euphytica* 138: 205-212.
- Doggett, H. 1972. Recurrent selection in sorghum populations. *Heredity* 28: 9-29.
- Duodu, K.G., J.R.N. Taylor, P.S. Belton, and B.R. Hamaker. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *J Cereal Sci.* 38(2): 117-31.
- Dykes, L. and L.W. Rooney. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science* 44(3): 236-251.
- Elkin, R.G., M.B. Freed, B.R. Hamaker, Y. Zhang, and C.M. Parsons. 1996. Condensed tannins are only partially responsible for variations in nutrient digestibilities of sorghum grain cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 848-853.
- FAO. 1995. Selected Indicator of Food and Agriculture Development in Asia-Pacific, 1983-1993. FAO, RAP, Bangkok, Thailand. 23p.
- Farrar, J.L., D.K. Hartle, J.L. Hargrove, and P. Greenspan. 2008. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans: inhibition of protein glycation. *Phytother Res.* 22(8):1052-1056.
- Gallagher, E. 2009. Glutein-free food science and technology. Blackwell Publishing Ltd., Singapore.
- Hamaker, B.R. and Betty A. Bugusu. 2003. Overview: sorghum proteins and food quality In Afripro. Workshop on the Proteins of Sorghum and Millets: Enhancing Nutritional and Functional Properties for Africa. Pretoria, South Africa. p.2-4.
- Heyne, E.R. and M.A. Barmore. 1965. Breeding wheat for quality. *Advances in Agronomy* 17:85-114.
- House, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd edition. . Patancheru, A.P. 502 324. International Crops Research Institute for the Semi -Arid Tropics.
- Hulse, J.H., E.M. Laing, and O.E. Pearson. 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. London, UK: Academic Press. 997 pp.
- Jan-orn, J., C.O. Gardner, and W.M. Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random-mating grain sorghum population. *Crop science* 16(4): 489-496.

- Johns, C.O. and J.F. Brewster. 1916. Kafirins, an alcohol-soluble protein from kafir, andropogon sorghum. *J. Biol. Chem.* 28: 59-65.
- Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. In *Chemical aspects of rice grain quality*. Los Banos, IRRI. Philippines.
- Khan, M. N., Rooney, L. W., D. T. Rosenow and F.R. Miller. 1980. Sorghum with improved tortilla making characteristics. *J. Food Sci.* 45:720-725.
- Kochian, L.V., O.A. Hoekenga, M.A. Pineros. 2005. How do crop plants tolerate acid soil? Mechanism of aluminium tolerance and phosphorous deficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55:459-493.
- Kulamarva, A.G., Y. Gariépy, V.R. Sosle, M. Ngadi, and V. Raghavan. 2004. Rheological properties of sorghum dough. Presented at the 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting. Paper no. 046036.
- Kumar, A.A., V.S. Reddy, B. Ramaiah, and R. Sharma. 2011. Heterosis in white-grained grain mold resistant sorghum hybrids. *Journal of International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* 6: 1-6.
- Léder, I. 2004. Sorghum and millets, in cultivated plants, primarily as food sources, [Ed. György Füleký], in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [<http://www.eolss.net>]. 18p.
- Makanda, I., P. Tongoona, and J. Derera. 2009. Combining ability and heterosis of sorghum germplasm for stem sugar traits under off-season conditions in tropical lowland environments. *Field Crops Research* 114: 272–279.
- Makanda, I., P. Tongoona, J. Derera, J. Sibiya, and P. Fato. 2010. Combining ability and cultivar superiority of sorghum germplasm for grain yield across tropical low and midaltitude environments. *Field Crops Research* 116: 75–85.
- Mohan, D.P. and J.D. Axtell. 1975. Diethyl sulfate induced high-lysine mutant in sorghum. *Proc. Bienn. Grain Sorghum Res. Util. Conf.* 9th. Lubbock. p. 3-8.
- Mokrane, H., B. Lagrain, K. Gebruers, C.M. Courtin, K. Brijs, P. Proost, and J.A. Delcou. 2009. Characterization of kafirins in algerian sorghum cultivars. *Cereal Chem.* 86(5): 487–491.
- Munck, L., K.E. Karlsson, A. Hagberg, and B.O. Eggum. 1970. Gene for improved nutritional value in barley seed proteins. *Science* 168: 985.
- Murty, D.S. and V. Subramanian. 1982. Sorghum roti I. Traditional methods of consumption and standard procedures for evaluation. In

Proceedings International Symposium on Sorghum Grain Quality. ICRISAT 28-31 Oct 1981. Patancheru, A.P. ICRISAT. India.

- Nath, B. 1982. Population breeding techniques in sorghum. In Sorghum in eighties. Proceedings of the International Symposium on Sorghum, (ICRISAT), 27 November 1981. L.K. Mughogho, J.M. Peacock, and L.R. House. (Eds.): International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 421-434. Patancheru, A.P. ICRISAT. India.
- Pedersen, J.F., H.F. Kaeppler, D.J. Andrew, and R.D. Lee. 1998. Sorghum in hybrid cultivar development. S.S. Banga and S.K. Banga (eds). Narosa publishing house. New Delhi. p.342-354.
- Pedersen, J.F., J.J. Toy, and B. Johnson. 1998. Natural outcrossing of sorghum and sudangrass in the central great plains. *Crop Sci.* 38: 937-939.
- Pfeiffer, T.W., M.J. Bitzer, J.J. Toy, and J.F. Pedersen. 2010. Heterosis in sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in appalachia. *Crop Science* 50: 1788-1794.
- Pring, D.R., H.V. Tang, W. Howad, and F. Kempken. 1999. A Unique two gene gametophytic male sterility system in sorghum involving a possible role of RNA editing in fertility restoration. *Heredity* 90(3): 386-393.
- Ragaee, S., E.S.M. Abdel-Aal, and M. Noaman. 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 98: 32-38.
- Rattunde, H.F.W., R.E. Weltzien, P.J. Bramel-Cox, K. Kofoed, C.T. Hash, W. Schipprack, J.W. Stenhouse, and T. Presterl. 1997. Population improvement of pearl millet and sorghum: current research, impact and issues for implementation. Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet, 22-27 September 1996, Lubbock, Texas, USA.
- Reddy, B.V.S. 1997. Development, production, and maintenance of male-sterile lines in sorghum. In Development of cultivars and seed production techniques in sorghum and pearl millet. In K.N.R. Faujdar, V.S. Reddy, and B. Diwakar Singh. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 22-27
- Reddy, B.V.S. and A.A. Kumar. 2005. Population improvement in sorghum. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 93-104.
- Reddy, B.V.S. and J.W. Stenhouse. 1994. Sorghum improvement for the semi-arid tropic region: past, current and future research thrusts in Asia. *Punjabrao Krishi Vidyapeeth Res. J.* 18:155-170.

- Reddy, B.V.S., A.A. Kumar, and S.L. Kaul. 2008. Alternative cytoplasmic male sterility systems in sorghum and their utilization. In *Sorghum improvement in the new millennium*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: p. 132-144.
- Reddy, N.P.E. and M. Jacobs. 2002. Sorghum lysine-rich cultivar verification by SDS-PAGE and Southern blot. *Acta Physiologia Plantarum*. 24(3): 285-290.
- Reddy, P.S., J.V. Patil, S.V. Nirmal, and S.R. Gadakh. 2012. Improving post-rainy season sorghum productivity in medium soils: does ideotype breeding hold a clue? *Current Science*. (6): 904-908.
- Reichert, R.D., C.G. Youngs, and B.D. Oomah. 1982. Measurement of grain hardness and dehulling quality with a multisample tangential abrasive dehulling device (TADD). *Proceedings International Symposium on Sorghum Grain Quality*. ICRISAT, 28-31 Oct 1981. ICRISAT. Patancheru, A.P., India.
- Rooney, L.W. and D.S. Murty. 1982. Evaluation of sorghum food quality. *Sorghum in the eighties: Proceedings Symposium on Sorghum*. Patancheru 2-7 Nov 81. ICRISAT. India. pp. 571-588
- Ross, W.M. 1976. Quantitative characters of five *Sorghum bicolor* (L.) Moench random mating populations. *Maydica* 21: 177-18.
- Sane, A.P., P. Nath, and P.V. Sane. 1996. Cytoplasmic male sterility in sorghum: organization and expression of mitochondrial genes in Indian CMS cytoplasms. *J. Genetic*. 75(2): 151-159.
- Schertz, K.F. 1994. Male-sterility in sorghum: its characteristics and importance. In *Use of Molecular Markers in Sorghum and Pearl Millet Breeding for Developing Countries*. *Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement, Overseas Development Administration (ODA) Plant Sciences Research Conference*, 29 March–1 April 1993. In R.R. Duncan and J.R. Witcombe. (Eds.) Norwich. p. 35–37.
- Schertz, K.F. and D.R. Pring. 1982. Cytoplasmic sterility systems in sorghum. in sorghum in the eighties. *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Volume 1*. In L.K. Mughogho, and J.M. Peacock, J.V. Martin, L.R. House. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 373-383.
- Scheuring, J. F., S. Sidibe, and A. Kante. 1982. Sorghum alkali tolerance: quality considerations. *Proceedings International Symposium on Sorghum Grain Quality*, Patancheru 28-31 Oct 1981. ICRISAT. India.

- Schober, T.J., M. Messerschmidt, S.R. Bean, Park S-H, and E.K. Arendt. 2005. Glutein-free bread from sorghum. *Cereal. Chem.* 82: 394-404.
- Schober, T.J., S.R. Bean, and D.L. Boyle. 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological and microstructural background. *J. Agric. Food Chem* 55: 5137-5146.
- Sharma, H., and V. Sharma. 2006. Heterosis in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Agric. Sci. Digest.* 26 (4): 245 - 248.
- Shepherd, A.D. 1982. Assaying for sorghum milling quality with a laboratory decorticating mill. Proceedings International Symposium on Sorghum Grain Quality. Patancheru, 28 - 31 Oct 1981. ICRISAT. India.
- Singh, B.L. and Chaudhary. 1998. The physiology of drought tolerance in field crops. *Field Crops Res.* 60:41-56.
- Singh, F., K.N. Rai, Belum V.S. Reddy, and B. Diwakar. 1977. Development of cultivars and seed production techniques in sorghum and pearl millet. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 502-324.
- Singh, R. and J.D. Axtell. 1973. High lysine mutant gene (hl) that improves protein quality and biological value of grain sorghum. *Crop Sci.* 13(5): 535-539.
- Suprpto dan R. Mudjisihono. 1987. budidaya dan pengolahan sorgum. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tarumoto, I., E. Ishii (Adachi), M. Yanase, and M. Fujimori. 2008. The phenotypic fluctuation factor for male sterility in a male-sterile line of sorghum (*Sorghum bicolor* Moench). *Sci. Rep. Grad. Sch. Life. & Envi. Sci. Osaka Pref. Univ.* 59: 1-6.
- Taylor, J., S.R. Bean, B.P. Loerger, and J.R.N. Taylor. 2007. Preferential binding of sorghum tannins with gamma-kaurein and the influence of tannin binding on kaurein digestibility and biodegradation. *J. Cereal Sci.* 46(1): 22-31.
- Tesso, T., A. Tirfessa, and H. Mohammed. 2011. Association between morphological traits and yield components in the durra sorghums of Ethiopia. *Hereditas* 148: 98-109.
- Valencia, R.C. and W. L. Rooney. 2009. Genetic control of sorghum grain color. Nebraska: INSTORMIL, University of Nebraska. Lincoln, USA.
- Van Harten, A.M. 1998. Mutation Breeding Theory and Practical Applications. Cambridge University Press. First Publ. ISBN 0-521-47074-9. 353p.

- Van Scoyoc, S.W., G. Ejeta, and J.D. Axtell. 1988. Kernel characteristic and protein fraction changes during seed development of high-lysine and normal sorghums. *Cereal Chem.* 65(2): 75-80.
- Vernaillen, S., F. Laureys, and M. Jacobs. 1993. A potential screening system for identifying sorghum ecotypes with increased lysine in the seeds. *Plant Breeding* 111(4): 295-305.
- Waniska, R.D. and L.W. Rooney. 2000. Structure and chemistry of the sorghum caryopsis. In: C.W. Smith, R.A. Frederiksen, (Eds.). *Sorghum: origin, history, technology, and production*. John Wiley, New York, pp. 649-688.
- Webster, O.J. 1965. Genetic studies in *Sorghum vulgare* (Pers.). *Crop Sci.* 5:207-210.
- Webster, O.J. and S.P. Singh. 1964. Breeding behaviour and histological structure of a non-dehiscent anther in *Sorghum vulgare* pers. *Crop Sci.* 4: 656-658.
- Wu Y., X. Li, W. Xiang, C. Zhu, Z. Lin, Y. Wu, J. Li, S. Pandravada, D.D. Ridder, G. Bai, M.L. Wang, H.N. Trick, S.R. Bean, M.R. Tuinstra, T.T. Tesso, and J. Yu. 2012. Presence of tannins in sorghum grains is conditioned by different natural alleles of tannin1. *PNAS* 109(26): 10281-10286.
- Xiang, W. 2009. Identification of two interacting quantitative trait loci controlling for condensed tannin in sorghum grain and grain quality analysis of a sorghum diverse collection. Master's Thesis Kansas State University.
- Xu, G.W., Y.X. Cui, K.F. Schertz, and G.E Hart. 1995. Isolation of mitochondrial DNA sequences that distinguish male-sterility-inducing cytoplasm in *Sorghum bicolor* L. Moench. *Theoretical and Applied Genetics* 90(7-8): 1180-1187.

Prospek Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol

Marcia B. Pabendon¹, Sigit Budi Santoso¹, dan Nuning Argosubekti²

¹Balai Penelitian Tanaman Serealia

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

PENDAHULUAN

Bioetanol yang diproduksi dari tanaman merupakan energi yang makin diperlukan dengan menipisnya deposit bahan bakar minyak asal fosil (Sanchez 2007). Pada tahun 2009 produksi bioetanol dunia mencapai 80 juta kl (RFA 2010). Pengguna bioetanol sebagai bahan bakar minyak untuk transportasi makin berkembang yang menyebabkan permintaan meningkat pesat (Kennedy and Turner 2004). Oleh sebab itu diperlukan spesies tanaman dengan produksi biomas tinggi yang dapat diolah menjadi bioetanol dalam industri skala besar.

Sorgum manis telah digunakan sejak hampir 150 tahun yang lalu untuk menghasilkan sirup, pakan hijauan, dan silase pakan ternak (Schaffert 1992). Krisis bahan bakar minyak yang terjadi pada tahun 1970an menyebabkan sorgum manis mulai digunakan sebagai bahan baku etanol untuk substitusi bahan bakar minyak (Schaffert *et al.* 1982). Dalam beberapa tahun terakhir sorgum manis banyak digunakan sebagai bahan baku fermentasi bebas gula yang berpotensi menghasilkan bahan bakar minyak, pangan, pakan, dan berbagai produk lainnya (Chiaramonti *et al.* 2004). Sorgum manis merupakan salah satu tanaman yang paling efisien mengonversi CO₂ menjadi gula dibandingkan dengan tebu dan jagung, sehingga tanaman ini menjanjikan sebagai sumber bioenergi, pangan, dan pakan ternak. Kegunaan batang sorgum manis sama dengan tebu, karena mengandung kadar gula tinggi, yang dapat menghasilkan etanol melalui fermentasi (FAO 2002).

Sorgum manis merupakan tanaman C₄, pada penyinaran tinggi dan suhu panas mampu berfotosintesis lebih cepat sehingga menghasilkan biomas yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman C₃ (Salisbury and Ross 1992). Sebagai tanaman C₄, produktivitas sorgum tergolong tinggi dan memiliki lapisan lilin pada permukaan daun yang dapat mengurangi laju evapotranspirasi, dan sistem perakarannya ekstensif. Kedua faktor ini menjadikan sorgum sangat efisien dalam pemanfaatan air (House 1985), sehingga produktivitas biomasnya lebih tinggi dibandingkan dengan jagung atau tebu yang sama-sama tanaman C₄ (Hoeman 2007). Sorgum yang mempunyai kadar gula brix tinggi pada batang digolongkan sebagai sorgum manis (Reddy and Sanjana 2003).

Sorgum manis juga memiliki gen pengendali daun awet hijau (*stay-green*) sejak fase pengisian biji. Fenomena ini berhubungan dengan kandungan nitrogen pada daun yang lebih tinggi sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan radiasi dan transpirasi (Borrell *et al.* 2000). Fisiologi *stay-green* pada tanaman sorgum mampu memperlambat proses peluruhan daun (Mahalakshmi and Bidinger 2002) sehingga tanaman mampu mempertahankan batang dan daunnya tetap hijau walaupun dalam keadaan pasokan air terbatas (Borrell *et al.* 2006). Beberapa karakter penting lain yang terdapat pada tanaman sorgum menurut SFSA (2003) adalah: (1) memiliki akar yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman sereal lain, (2) dapat dorman selama kekeringan dan tumbuh kembali setelah kondisi memungkinkan, (3) tanaman bagian atas (tajuk) akan tumbuh setelah perakaran berkembang dengan baik, (4) mampu berkompetisi dengan berbagai jenis gulma, dan (5) laju fotosintesis lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman sereal lain.

Sorgum manis telah diidentifikasi sebagai komoditas energi karena kandungan gula pada batang tinggi (Miller and Creelman 1980, Yu *et al.* 2009, Wortmann and Regassa 2011) dan mampu menghasilkan etanol 6000-7.000 l/ha (FAO 2002, Dinesh *et al.* 2013, Smith and Buxton 1993). Di Indonesia, kemampuan tanaman sorgum menghasilkan etanol berkisar antara 3000-6600 l/ha (Pabendon *et al.* 2012a).

Sorgum manis merupakan tanaman sereal yang luas daya adaptasinya sehingga potensial dikembangkan untuk produksi bioetanol. Batang dan biji sorgum manis dapat diolah menjadi gula dan hasil sampingnya berupa bagas. Dengan demikian sorgum manis bersifat multiguna dan produknya dapat digunakan untuk pangan, pakan, etanol, dan sumber kalori (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik sorgum manis sebagai bahan baku etanol.

Sebagai tanaman produksi	Sebagai bahan etanol	Limbah berupa bagas
Periode tumbuh pendek (3-4 bulan)	Proses ramah lingkungan	Nilai biologis tinggi
Tanaman lahan kering Toleran kekeringan	Kualitas superior Kurang belerang	Kaya mikronutrien Dapat digunakan sebagai pakan, untuk listrik cogeneration, atau biokompos
Keamanan lingkungan Memenuhi kebutuhan pangan dan pakan	Oktan tinggi Aman untuk suplemen bahan bakar mobil (hingga 25% dari campuran untuk bensin)	-
Emisi NO ₂ /CO ₂ tanah rendah	-	-
Biji mudah tersedia	-	-

Sumber: Reddy *et al.* (2005, 2008)

Vries *et al.* (2010) meneliti beberapa tanaman untuk bahan baku bioenergi, yaitu jagung, gandum, sorgum manis, dan tebu (*Saccharum spp.*). Ternyata sorgum manis lebih efisien dalam penggunaan lahan, air, pupuk nitrogen, dan pestisida.

Sorgum manis dapat dipanen 3-4 kali dalam setahun jika irigasi memadai, umur tanaman pendek, dan biaya produksi relatif rendah sehingga menguntungkan untuk produksi bioetanol (Smith and Buxton 1993). Kandungan gula pada nira batang sorgum manis berkisar 8-20% (Rains *et al.* 1990). Konversi gula dari nira batang sorgum menjadi etanol membutuhkan energi lebih rendah dibanding pati yang membutuhkan banyak energi untuk depolimerisasi pati.

Tanaman yang selama ini digunakan sebagai sumber bioetanol adalah jagung, gula bit, tebu, sorgum manis, dan ubi kayu (Adelekan 2010). Namun ketahanan pangan merupakan kebutuhan yang lebih penting. Pemanfaatan sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol tidak mempengaruhi ketahanan pangan, karena bijinya digunakan untuk pangan, biomas batang untuk bahan baku bioetanol, daun dan bahan kering lainnya untuk pakan. Satu hektar lahan dapat menghasilkan 2-6 ton biji sorgum (Reddy 2007). Selain nira yang dapat digunakan sebagai bahan baku utama bioetanol, bagas yang mengandung lignoselulosa juga dapat dipertimbangkan untuk diproses menjadi etanol generasi kedua.

Pemuliaan sorgum manis di Indonesia relatif kurang, sehingga peluang peningkatan produksi melalui perbaikan genetik tanaman masih terbuka. Keuntungan komparatif sorgum manis terhadap tebu dan jagung dapat dilihat pada Tabel 2.

Badan Litbang Pertanian telah melepas sejumlah varietas sorgum untuk pangan, di antaranya terdapat sorgum manis. Khusus untuk produksi bioetanol telah dilepas dua varietas sorgum yaitu Super-1 dan Super-2.

Tabel 2. Keuntungan komparatif sorgum manis terhadap tebu dan jagung.

Parameter	Sorgum manis	Tebu	Jagung
Umur tanaman	4 bulan	9-12 bulan	4 bulan
Kebutuhan air	4.000 m ³	36.000 m ³	8.000 m ³
Hasil biji (t/ha)	2,0	-	8
Produksi etanol nira batang (l/ha)	1.400	5.600	0
Silase/stover (t/ha)	4	13	8
Hasil ethanol dari bagase (l/ha)	1.000	3.325	1.816
Total hasil ethanol (l/ha)	3.160	8.925	3.216
Biaya produksi tanaman (\$/ha)	220	995	272
Biaya produksi etanol per kilo liter (\$/kl)	75,3	111,5	89,2

Sumber: Reddy *et al.* (2006).

Secara umum, karakter gen sorgum manis dan sorgum biji pada dasarnya sama, hanya dibedakan oleh beberapa gen yang mengontrol tinggi tanaman, *stay green*, dan kandungan nira batang (Schaffert 1992).

SEJARAH PEMULIAAN SORGUM MANIS

Penelitian sorgum manis dimulai di ICRISAT, India, pada tahun 1980 dengan mengevaluasi 70 aksesori plasma nutfah sorgum. Dua galur *landrace* yang diseleksi adalah IS6872 dan IS6896, keduanya memiliki kadar gula dan biomas batang yang tinggi. Pada tahun 1981 beberapa galur sorgum manis diidentifikasi di Nigeria, termasuk sejumlah progeni galur-galur murni hasil pemuliaan dari Zimbabwe. Penelitian sorgum manis dihentikan pada akhir 1990an karena berbagai hal. Pada tahun 2002, penelitian diarahkan untuk memenuhi permintaan etanol karena pemerintah India menjadikan etanol sebagai suplementasi bahan bakar bensin. Berbagai aksesori plasma nutfah dengan variabilitas yang tinggi membuka peluang pengembangan varietas hibrida berbatang besar dan kaya gula untuk produksi etanol (Reddy *et al.* 2007).

Berbagai teknik pemuliaan menjadi pertimbangan dalam pemuliaan sorgum manis untuk produksi etanol. Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa tanaman sorgum memiliki vigor hibrida. Eksploitasi heterosis secara intensif dilakukan pada sorgum biji maupun pada sorgum manis. Perbaikan varietas sorgum manis harus didasarkan pada keragaman genetik dan tipe bunga (Makanda *et al.* 2009). Karper dan Quinby (1937) mempelajari sifat heterosis melalui persilangan secara intensif antara spesies milo, kafir, hegari, kaoling, songo, dan broomcorn. Ternyata spesies milo dan hegari merupakan dua grup yang berbeda dan mampu menghasilkan vigor hibrida yang tinggi.

Dalam pemuliaan sorgum manis, beberapa pendekatan yang perlu dipahami antara lain biomas tinggi, kadar gula tinggi dan stabil, tahan terhadap hama dan penyakit utama, dan umur matang fisiologis (kadar gula tertinggi pada saat matang fisiologis biji). Pendekatan pemuliaan dalam pembentukan varietas sorgum mencakup pengamatan dan seleksi terhadap karakter target, pemanfaatan heterosis, dan rekombinasi galur-galur terpilih.

Sorgum digolongkan sebagai tanaman menyerbuk sendiri, karena penyerbukan silang kurang dari 10%. Namun penyerbukan silang pada sorgum bervariasi antara 1-10%, bahkan dapat mencapai 30-60%, bergantung pada tipe malai. Tipe malai sorgum bervariasi, mulai dari tipe kompak sampai terbuka dan longgar seperti rumput sehingga mudah diserbuki dari luar.

Bunga sorgum memiliki dua putik dan tiga benang sari. Setiap stigma berbulu yang melekat kuat pada permukaan ovarium. Anthera melekat pada filamen berupa benang panjang (House 1985).

Inisiasi penyerbukan dipicu oleh hari pendek meskipun tidak bergantung pada suhu (Wilson and Eastin 1982). Mekar bunga sorgum dimulai setelah batang mencapai panjang maksimum, namun kadang-kadang berbunga lebih cepat. Bunga yang pertama mekar adalah pada salah satu terminal atau pada cabang kedua pada malai paling atas. Penyerbukan dapat terjadi selama 3-15 hari, bergantung pada ukuran malai dan perubahan suhu, rata-rata 6-9 hari (Ayyangar and Rao 1931, Quinby *et al.* 1973). Penyerbukan pada sorgum terjadi setelah matahari terbit sampai tengah hari. Pembungaan terhenti menjelang sore atau saat mendung, atau pada pagi hari yang berembun. Stigma reseptif sekitar 1-2 hari sebelum bunga mekar (Maunder and Sharp 1963). Panjang malai sorgum manis bervariasi antara 2-25 cm dan lebar antara 2-22 cm. Malai tunggal dapat menghasilkan 800-30.000 biji. Walaupun tanaman sorgum manis menyerbuk sendiri, namun malai bagian atas dapat menyerbuk silang (*outcrosses*) dengan intensitas yang lebih tinggi daripada bagian bawah (Maunder and Sharp 1963).

HIBRIDA SORGUM MANIS

Tujuan utama pemuliaan adalah meningkatkan produktivitas, memperbaiki kualitas dan hasil tanaman melalui rekombinasi gen. Peningkatan produktivitas sorgum manis dapat dicapai dengan perakitan varietas hibrida. Hibrida sorgum manis memiliki bobot biomas tinggi, volume nira tinggi, dan total gula terfermentasi tinggi, sehingga efisien dalam menghasilkan etanol.. Di Amerika Serikat, produksi sorgum manis telah meningkat tiga kali lipat sejak dikembangkan sorgum hibrida secara intensif (Quinby 1974, Doggett 1988).

Heterosis pada sorgum pertama kali diteliti pada tahun 1927 (Corner and Karper 1927), tetapi eksploitasi secara komersial tidak berhasil hingga ditemukannya teori mandul jantan sitoplasmik (*cytoplasmic male sterility*) (Stephens and Holland 1954). Mandul jantan-sitoplasmik (CMS) pada sorgum memungkinkan untuk memproduksi hibrida sorgum secara komersial. Gen pengendali mandul jantan terdapat dalam genom (dalam inti sel) dan sitoplasma (di luar inti sel).

Terjadinya mandul jantan dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain pertumbuhan tanaman kurang baik akibat penyakit atau karena mutasi. Mandul jantan genetik terjadi secara alami pada spesies hermaprodit, secara umum mempertahankan fungsi betina sepenuhnya normal. Manifestasi

fenotipik mandul jantan sangat beragam mulai dari tidak adanya anther atau tidak komplut, kegagalan membentuk jaringan sporogenous normal (tidak ada meiosis), aborsi serbuk sari pada setiap tahapan perkembangan, hingga tidak adanya benang sari atau ketidakmampuan serbuk sari yang telah matang membuahi stigma (Budar and Pelletier 2001).

Mandul jantan genetik (GMS) umumnya mutasi resesif yang mempengaruhi sebagian besar fungsional tanaman, misalnya protein yang terlibat dalam meiosis pada jantan (Glover *et al.* 1998), metabolisme hormon tanaman (Moffatt and Sommerville 1988), biosintesis molekul lipid kompleks (Aarts 1995), atau sintesis metabolit sekunder (Van der Meer *et al.* 1992).

Mandul jantan sitoplasmik (CMS) biasanya didefinisikan sebagai “defisiensi pewarisan maternal dalam memproduksi serbuk sari yang viabel” dan yang bertanggung jawab untuk sifat tersebut adalah mitokondria. Oleh sebab itu, setiap mutasi mitokondria yang mengganggu fungsi mitokondria sehingga mandul jantan disebut CMS. CMS lebih aman untuk produksi benih hibrida daripada mandul jantan genetik karena memiliki pemulihan kesuburan. Selain itu, CMS yang terseleksi dalam populasi alami cukup stabil jika direkombinasi dengan karakter yang tidak stabil untuk produksi benih, bahkan lebih baik daripada hermaphrodit (Budar and Pelletier 2001).

Stabilitas gen pengendali mandul jantan mempengaruhi efisiensi pemuliaan. Reddy (2005) melaporkan bahwa hasil mandul-jantan dari persilangan milo-sitoplasmik dengan gen sterilitas ditemukan pada kelompok spesies kafir dan pada kelompok lain. Genetik yang terlibat tidak sepenuhnya jelas, namun dua gen (MSC1 dan MSC2, dalam kondisi resesif disilangkan dengan milo-sitoplasmik) mengakibatkan mandul jantan. Dari sejumlah gen pengendali mandul jantan (ms1, ms2, ms3, ms4, ms5, ms6, ms7, dan al), ms3 paling banyak digunakan karena ekspresi dari mandul jantan tersebut stabil pada berbagai lokasi dan musim. Mandul jantan yang disebabkan oleh kondisi resesif (msms) dapat dimanfaatkan. Demikian juga mandul jantan yang disebabkan oleh gen tanpa anther (al) yang juga telah ditemukan manfaatnya. Mandul jantan genetik digunakan terutama pada varietas komposit untuk meningkatkan rekombinasi.

KARAKTER SORGUM MANIS UNTUK BIOETANOL

Sebagian besar fotosintat sorgum manis terdistribusi pada batang, sehingga relatif kecil yang terdistribusi ke malai. Dengan demikian, batang merupakan sink utama. Sukrosa merupakan produk utama hasil fotosintesis dan komponen paling besar dalam penyimpanan, terakumulasi dan disalurkan sebagai sumber karbohidrat. Sukrosa yang sebagian besar terakumulasi

pada batang sesuai difermentasi menjadi alkohol. Perbedaan utama antara sorgum biji dan sorgum manis adalah akumulasi bobot kering sorgum manis tidak mengalami penurunan, bahkan meningkat pada saat bunting atau pengisian biji (www.fao.org). Fakta tersebut membuktikan bahwa sorgum manis mempunyai potensi yang besar digunakan sebagai bahan baku etanol selain tebu. Budi daya sorgum manis mengalami pergeseran dari bahan baku pangan dan pakan menjadi bahan baku industry, baik skala kecil maupun skala besar. Menurut Elangovan *et al.* (2013), karakter penting dalam mengidentifikasi genotipe unggul sorgum manis untuk produksi etanol adalah bobot biomas, persen brix nira, volume nira, dan total gula terlarut tinggi.

Bobot Biomas Batang

Kelayakan pengembangan varietas sorgum manis terkait dengan konsentrasi gula dari nira batang. Tinggi tanaman nyata berkorelasi dengan bobot biomas batang. Nilai koefisien korelasi juga tinggi antara bobot biomas batang dengan hasil etanol per satuan luas (0,98) (Pabendon *et al.* 2012a). Tinggi tanaman juga berkorelasi dengan jumlah buku (*node*) dan panjang ruas. Semakin banyak jumlah buku, semakin panjang periode tumbuh. Panjang penyinaran, suhu tinggi, dan pasokan air yang cukup diperlukan untuk mendapatkan tanaman yang tinggi dan diameter batang yang besar. Menurut Juerg *et al.* (2009), kandungan gula tinggi di dalam batang bukan menjadi fokus utama perakitan varietas sorgum manis, namun mengacu pada produksi biomas tinggi. Tanaman yang terlalu tinggi rentan terhadap kerebahan, terutama pada daerah dengan angin kencang. Oleh sebab itu, diameter batang yang besar, tanaman tidak terlalu tinggi, dan perakaran yang kokoh merupakan karakter yang diperlukan.

Nira Batang

Persentase nira batang bervariasi antarvarietas, berkisar 51,2-80,0%. Untuk mengoptimalkan hasil etanol, tingkat ekstraksi nira minimal 50% dari total bobot batang. Persentase nira dari batang yang kompak, variasinya kecil dan nira dapat bertahan untuk jangka waktu relatif lama. Batang yang kompak dapat mempertahankan kualitas nira. Pabendon *et al.* (2012a) menghasilkan nira batang dari genotipe harapan sorgum manis yang diuji 300-458 ml/kg batang sorgum manis. Penelitian Murray *et al.* (2008) menunjukkan bahwa hasil nira lebih besar pengaruhnya daripada konsentrasi gula dalam menentukan total hasil gula. Karakter gula secara umum menunjukkan korelasi negatif yang rendah sampai sedang terhadap hasil biji dan kandungan pati biji. Pabendon *et al.* (2012b) memperoleh korelasi negatif rendah antara hasil etanol dengan kadar glukosa pati (-0,03).

Kandungan Gula Nira Batang

Mekanisme fisiologi akumulasi gula berbeda antara sorgum dan tebu (Tarpley and Vietor 2007). Sejumlah enzim yang berasosiasi dengan akumulasi gula pada tebu (seperti sintesis dan sukrosa fosfat dan sebaliknya) tidak nampak memegang peranan utama akumulasi gula pada sorgum (Lingle 1987, Tarpley *et al.* 1994). Natoli *et al.* (2002) berhasil mengidentifikasi dan memetakan mayor QTL untuk brix pada bagian tengah kromosom 3. Terdapat korelasi yang nyata antara komposisi gula dan karakter hasil (Murray *et al.* 2008). Hasil total gula hanya berkorelasi sedang dengan brix tetapi mempunyai korelasi positif dengan hasil gula batang dan bobot gula batang. Pabendon *et al.* (2012b) mendapatkan korelasi positif sedang antara gula brix dan hasil etanol (0,76). Sorgum berpori tanpa nira dominan terhadap yang berpori dan menghasilkan nira. Kadar gula batang diwariskan secara kuantitatif. Gen-gen pengendali nira brix dominan rendah lebih banyak dibandingkan dengan gen pengendali nira brix dominan tinggi. Heritabilitas arti luas gula (brix) pada batang tidak tinggi, karena karakter mudah dipengaruhi oleh lingkungan, seperti kandungan nitrogen tanah dan suhu. Tingkat akumulasi gula pada batang bervariasi antargenotipe (Almodares and Sepahi 1996). Tidak ada korelasi antara gula brix batang dan tinggi tanaman atau waktu berbunga. Ada korelasi negatif yang signifikan antara tingkat gula dan bobot 1000-biji. Untuk mempertahankan dan meningkatkan kadar gula tinggi dalam batang, malai dipotong pada saat biji matang fisiologis (Bitzer 2009).

Bobot Biji

Kebanyakan varietas sorgum manis memiliki bobot biji per malai dan hasil gabah yang rendah. Beberapa hibrida mempunyai hasil gabah dan kadar gula tinggi. Perakitan hibrida merupakan cara terbaik untuk mendapatkan hasil gabah dan kadar gula tinggi. Pabendon *et al.* (2012a) memperoleh varietas yang mempunyai korelasi positif antara hasil biji dan etanol (0,86). Sungkono *et al.* (2009) menyatakan bahwa perbaikan daya adaptasi dan potensi hasil sorgum lebih efektif jika dilakukan terhadap karakter bobot biomas dan bobot biji/malai, karena karakter tersebut mempunyai nilai heritabilitas yang tinggi. Oleh sebab itu, seleksi genotipe untuk bioetanol tinggi per satuan luas dapat dilakukan berdasarkan karakter tersebut. Murray *et al.* (2008) menyimpulkan bahwa seleksi genetik sorgum biji dan sorgum manis untuk karakter hasil harus diarahkan pada perbaikan bahan baku utama daripada mengubah komposisi karakter.

Tiga varietas inbrida sorgum manis telah dihasilkan oleh Badan Litbang Pertanian dengan nama Numbu, Super-1, dan Super-2. Varietas Numbu diarahkan untuk pangan, namun tidak menutup kemungkinan batangnya dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol karena produksi biomas

Tabel 3. Hasil evaluasi tiga varietas inbrida sorgum manis di 11 lokasi pada MT 2009.

Parameter	Varietas		
	Numbu	Super-1	Super-2
Bobot biomas batang (t/ha)	17,1	17,5	21,4
Kadar gula brix (%)	10,8	14,1	12,7
Volume nira (ml/kg batang)	240,1	241,6	197,9
Tinggi tanaman (cm)	197,0	204,8	231,5
Volume etanol (l/ha)	3.965	5.702	5.532
Hasil biji (t/ha)	2,8	2,7	3,0
Umur 50% berbunga (hari)	56	56	60
Umur panen (hari)	105-110	105-110	115-120

Sumber: Pabendon *et al.* (2013)

batangnya tinggi dan kadar gula brix rata-rata 10-12%. Varietas Super-1 dan Super-2 diarahkan untuk produksi bioethanol, namun varietas Super-1 juga dapat dimanfaatkan untuk pangan dan pakan karena bijinya putih. Hasil evaluasi pada MT 2009 pada 11 lokasi menunjukkan bobot biomas batang berkisar antara 17,1-21,4 t/ha, gula brix 10,8-14,1%, volume nira 198-242 ml/kg batang, tinggi tanaman 197-232 cm, hasil etanol 3.965-5.702 l/ha, hasil biji 2,7-3,0 t/ha, umur 50% berbunga 56-60 hari, dan umur panen 105-120 hari (Tabel 3).

TANTANGAN PENGEMBANGAN VARIETAS SORGUM MANIS

Salah satu tantangan dalam pengembangan sorgum untuk bioetanol dalam skala besar adalah daya simpan yang singkat setelah panen. Penundaan ekstraksi nira batang setelah panen, menyebabkan rusaknya gula dalam nira batang yang berpengaruh terhadap kadar gula sehingga terjadi penurunan produksi etanol. Selain itu, ketersediaan bahan baku yang bersifat musiman, kebutuhan transportasi, dan penyimpanan biomas dalam jumlah besar merupakan tantangan yang perlu mendapat perhatian.

Perakitan varietas sorgum manis dengan berbagai keunggulan melalui rekombinasi juga merupakan tantangan dalam menghasilkan varietas yang dapat ditanam pada berbagai agroekosistem yang berbeda di Indonesia.

Keberlanjutan sistem produksi sorgum bergantung pada lingkungan pertanian dan ketersediaan sumber daya. Salah satu alternatif untuk mengekstraksi nira segera setelah panen pada areal yang luas adalah pembangunan unit pemeras nira sorgum secara desentralisasi yang

memungkinkan petani untuk berpartisipasi. Hal ini akan mengurangi biaya transportasi, mencegah kerugian akibat keterlambatan panen nira, dan memperpanjang periode ketersediaan bahan baku untuk industri etanol.

PENUTUP

Teknologi produksi etanol sorgum manis telah mendapatkan perhatian di berbagai negara seperti di Amerika Serikat, China, India, Afrika, dan Filipina. Namun, sorgum manis merupakan tanaman musiman, waktu panen terbatas, kebutuhan tenaga kerja tinggi, dan penurunan kadar gula batang cepat apabila proses ekstraksi nira terlambat. Oleh sebab itu, karakter umur masak fisiologi yang berbeda, identifikasi gen-gen yang berperan membantu mempertahankan kualitas kadar gula tinggi yang relatif lama pada saat panen biomas batang, dan hasil biji yang stabil merupakan prioritas utama dalam program pembentukan varietas sorgum untuk bahan baku bioetanol.

Di negara berkembang, sorgum manis memberikan peluang bagi produksi pangan dan bioetanol, yang berperan penting dalam meningkatkan ketahanan pangan dan energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarts, M.G.M. 1995. Molecular characterisation of the CER1 gene of Arabidopsis involved in epicuticular wax biosynthesis and pollen fertility. *Plant Cell* 7:2115–2127.
- Adelekan, B.A. 2010. Investigation of ethanol productivity of cassava crop as a sustainable source of biofuel in tropical countries. *African Journal of Biotechnology* 9(35):5643-5650.
- Ayyangar, G.N.R. and V.P. Rao. 1931. Studies in sorghum. I. Anthesis and pollination. *Indian J. Agric. Sci.* 1:445-454.
- Almodares, A. and A. Sepahi. 1996. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines, and hybrids for sugar production. *Annu. Plant Physiol.* 10: 50-55.
- Bitzer, M. 2009. Research report: early deheading of sweet sorghum. National Sweet Sorghum Producers and Processors Association. <http://nssppa.org/>.
- Borrell A.K., G.L. Hammer, and A.C.L. Douglas. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? I. Leaf growth and senescence. *Crop Science* 40:1026–1037.

- Borrell, A.K., D.J. Jordan, J. Mullet, R.G. Henzell, and G. Hammer. 2006. Drought adaptation in sorghum. In: J.M. Ribaut (Eds.). Drought Adaptation in Cereals. Haworth Press Inc., New York. pp. 335–399.
- Budar, F. and G. Pelletier. 2001. Male sterility in plants: occurrence, determinism, significance and use. Life Sciences 324: 543–550.
- Centre for plant breeding. 2011. Sweet sorghum production technology. Department of Millet, Centre for Plant Breeding and Genetics, Tamil Nadu Agricultural University, India. p. 2.
- Chiaramonti, D., G. Grassi, A. Nardi, and H.P. Grimm. 2004. ECHI-T: large bioethanol project from sweet sorghum in China and Italy. Energia Trasporti Agricoltura, Florence, Italy.
- Corner, A.B. and R.E. Karper. 1927. Hybrid vigor in sorghum. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin no. 359. College Station, Texas, USA; Texas A&M University.
- Dinesh, H.B., M.R.G. Rao, A.M. Rao, S.J.S. Naik, H.N. Chetan, and C.S. Shantharaja. 2013. Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars for ethanol yield as an alternative source for bio-energy. Research Journal of Agricultural Sciences 4(2):184-187.
- Doggett, H. 1970. Sorghum. Longmans, Green and Co. Ltd. London.
- Doggett, H. 1988. Sorghum. 2nd ed. Tropical Agriculture Series. Harlow, UK; Longman.
- Du, Ruiheng. Sweet sorghum genetics, breeding and plantation studies in China. <http://www.ars.usda.gov/meetings/Sorghum/presentations/Du%20Ruiheng.pdf>.
- Elangovan, G.M., P.K. Babu, N. Seetharama, and J.V. Patil. 2013. Genetic diversity and heritability characters associated in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Research Article, Sugar Tech. p. 11.
- FAO. 2002. Sweet Sorghum in China. Agriculture and consumer protection, Food agricultural organization of United Nations, Department.
- Fernandez, J. and M.D. Curt. 2005. New energy crops for bioethanol production in the Mediterranean region. International Sugar Journal 107(1283): 622-627.
- Glover, J., M. Grelon, S. Craig, A. Chaudury, and L. Dennis. 1998. Cloning and characterisation of MS5 from Arabidopsis: a gene critical in male meiosis. Plant J. 15:345–356.
- Hoeman, S. 2007. Peluang dan potensi pengembangan sorgum. Makalah pada Workshop “Peluang dan tantangan sorgum sebagai bahan baku bioetanol. Dirjen Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta. 10 hal.

- House, L.R. 1985. A Guide to sorghum breeding. Second Edition. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. ICRISAT Patancheru P.O. Andhra Pradesh 502 324, India. p.208.
- Juerg, B., W. Thompson, W. Rooney, and B. Bean. 2009. Management of biomass and sweet sorghum in the Southwest US. Abstract. International Annual Meetings. ASA-CSSA-SSSA. 1-5 Nov. Pittsburgh, PA.
- Karper, R. E. and J.R. Quinby. 1937. Hybrid vigour in sorghum. *Journal of Heredity* 28:81-91.
- Kennedy, D. and J.A. Turner. 2004. Sustainable hydrogen production. *Science* 305(5686):72- 974.
- Lingle, S.E. 1987. Sucrose metabolism in the primary culm of sweet sorghum during development. *Crop Sci.* 27:1214–1219.
- Mahalakshmi, V. and F.R. Bidinger. 2002. Evaluation of staygreen sorghum germplasm lines at ICRISAT. *Crop Sci* 42:965–974.
- Makanda, I., P. Tongoona, and J. Derera. 2009. Quantification of genotypic variability for stem sugar accumulation and associated traits in new sweet sorghum varieties. *African Crop Science Conference Proceedings* 9:391–398.
- Maunder, A.B. and G.I. Sharp. 1963. Localization of outcrosses within the panicle of fertile sorghum. *Crop Sci.* 3:449-450.
- Miller, F.R. and R.A. Creelman. 1980. Sorghum-a new fuel. In Loden, H.D. and Wilkinson, D. (eds.). *Proceeding of 35th Annual Corn Sorghum Res. Conference of American Seed Trade Association, Chicago IL.* Pp. 219-232.
- Moffatt, B.A. and C.R. Sommerville. 1988. Positive selection for male-sterile mutants of *Arabidopsis thaliana* lacking adenine phosphoribosyltransferase activity. *Plant Physiol* 86:1150-1154.
- Murray, S.C., A. Sharma, W.L. Rooney, P.E. Klein, J. E. Mullet, S. E. Mitchell, and S. Kresovich. 2008. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock: I. QTL for Stem Sugar and Grain Nonstructural Carbohydrates. *Crop Sci.* 48:2165–2179.
- Natoli, A., C. Gorni, F. Chegdani, P.A. Marsan, C. Colombi, C. Lorenzoni, and A. Marocco. 2002. Identification of QTLs associated with sweet sorghum quality. *Maydica* 47:311–322.
- Pabendon, M.B., S. Mas'ud, R.S. Sarungallo, dan Amin Nur. 2012a. Penampilan fenotipik dan stabilitas sorgum manis untuk bahan baku bioetanol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 31 (1): 60-69.

- Pabendon, M.B., R.S. Sarungallo, dan S. Mas'ud. 2012b. Pemanfaatan nira batang, bagas, dan biji sorgum manis sebagai bahan baku bioetanol. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(3):180-187.
- Pendleton, B.B., G.L. Teetes, and G.C. Peterson. 1994. Phenology of sorghum flowering. *Crop Sci.* 34:1263-1266.
- Quinby, J.R., J.D. Hesketh, and R.L. Voight. 1973. Influence of temperature and photoperiod on floral initiation and leaf number in sorghum. *Crop Sci.* 13:243-246.
- Quinby, J.R. 1974. Sorghum improvement and the genetics growth. College Station, Texas, USA; Texas A&M University.
- Rains, G.C., J.S. Cundiff, and D.H. Vaughan. 1990. Development of a whole-stalk sweet sorghum harvester. *Trans. ASAE* 33(1):56-62.
- Reddy, BVS. 2007. Sweet sorghum, a water saving bioenergy crop for the Philippines. Sweet sorghum flyer. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) Philippines.
- Reddy, B.V.S., A.A. Kumar and W.D. Dar. 2007. Overview of sweet sorghum breeding at ICRISAT: Opportunities and constraints. Global Consultation on Pro-poor Sweet Sorghum Development for Bioethanol Production and Introduction to Tropical Sugar Beet Agenda 8-9 Nov 2007, Rome, Italy. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India
- Reddy B.V.S and R.P. Sanjana. 2003. Sweet sorghum: characteristics and potential. *International Sorghum and Millets Newsletter* 44: 26-28.
- Reddy, B.V.S., S. Ramesh, P.S. Reddy, B. Ramaiah, P.M. Salimath, and K. Rajashekar. 2005. Sweet sorghum – a potential alternate raw material for bioethanol and bioenergy. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 46:79-86.
- Reddy B.V.S., S. Ramesh, S.P. Reddy, A.A. Kumar, K.K. Sharma, K.S.M. Chetty, and A.R. Palaniswamy. 2006. Sweet sorghum: food, feed, fodder and fuel crop. The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Andhra-Pradesh, India. p. 8.
- Reddy, B.V.S, S. Ramesh, A.A. Kumar, S.P. Wani, R. Ortiz, H. Ceballos, and T.K. Sreedevi. 2008. Bio-fuel crops research for energy security and rural development in developing countries. *Bioenergy Research* 1:248–258.
- Renewable Fuels Association. 2010. Ethanol industry outlook: cimate of opportunity. http://www.ethanolrfa.org/industry/outlook/RFAoutlook2010_fin.pdf.

- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant physiology (4th edition), Wadsworth Publishing, Belmont, California.
- Sanchez, M. 2007. Latin America: the persian gulf of biofuels? The Washington Post Company, USA.
- Schaffert, R.E. 1992. Sweet sorghum substrate for industrial alcohol, in: Utilization of sorghum and millets. Proceedings of the International workshop on policy, practice, and potential relating to uses of sorghum and millets, 8-12 Feb. 1988, ICRISAT Center, Bulawayo, Zimbabwe. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 131-137.
- Schaffert, R.E. and L.M. Gourley. 1982. Sorghum as an energy source, in: Sorghum in the eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum, 2-7 Nov. 1981, ICRISAT Center, India. p. 605-623.
- Smith, G.A. and D.R. Buxton. 1993. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. Bioresource Tech 43(1):71-75.
- Stephens, J.C. and R.F. Holland. 1954. Cytoplasmic male-sterility for hybrid sorghum seed production. Agronomy J. 46:20-23.
- Sungkono, T., D. Wirnas, D. Sopandie, S. Human, dan M.A. Yudiarto. 2009. Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di Tanah Masam. J. Agron. Indonesia 37(3):220-225.
- Tarpley, L. and D.M. Vietor. 2007. Compartmentation of sucrose during radial transfer in mature sorghum culm. BMC Plant Biol. 7:33.
- Tarpley, L., D.M. Vietor, and F.R. Miller. 1994. Internodal compartmentation of stem-infused [¹⁴C] sucrose in sweet and grain sorghum. Crop Sci. 34:1116-1120.
- Van der Meer, I.M., M.E. Stam, A.J. Van Tunen, J.N. Mol, and A.R. Stuitje. 1992. Antisense inhibition of flavonoid biosynthesis in *Petunia* anthers results in male sterility. Plant Cell, 4:253-262.
- Vries, S.C. de, K.E. Giller, M.K. van Ittersum, and G.W.J. van de Ven. 2010. Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques. Biomass and Bioenergy 34(5): 588-601.
- Wilson, G.L. and J.D. Eastin. 1982. The sorghum plant and its environment. These Proceeding: ICRISAT.
- Woods, J. 2000. Integrating sweet sorghum and sugarcane for bioenergy: modelling the potential for electricity and ethanol production in SE Zimbabwe, in: Division of Life Science. 2000, King's College, University of London, London. p. 266.

- Wortmann, C.S., A.J. Liska, R.B. Ferguson, D.J. Lyon, R.M. Klein, and I. Dweikat. 2010. Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel. *Agron J.* 102(1):319-326.
- Wortmann, C.S. and T. Regassa. 2011. Sweet sorghum as a bioenergy crop for the US great plains. Department of Agronomy and Horticulture, University of Nebraska- Lincoln, Lincoln, USA. 16pp.
- Yu, J., X. Zhang, and T. Tan. 2009. Optimization of media conditions for the production of ethanol from sweet sorghum juice by immobilized *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomass and Bioenergy* 33(3):521-526.

Pengelolaan Benih Sorgum

Ramla Arief, Fauziah Koes, dan Amin Nur
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum tergolong tanaman yang toleran terhadap berbagai kondisi iklim, banyak dikembangkan di Amerika Tengah, Afrika, Asia Tenggara, Asia Selatan dan beberapa wilayah tropis sebagai pangan, pakan, dan bioenergi. Beberapa varietas sorgum toleran terhadap kekeringan, dikembangkan di wilayah kering, dan menjadi bahan makanan utama bagi masyarakat pedesaan di beberapa wilayah Afrika, Asia Selatan, dan Asia Tenggara (Mutegi *et al.* 2010). Dengan daya adaptasi yang luas, sorgum berpeluang dikembangkan di Indonesia sejalan dengan optimalisasi pemanfaatan lahan kosong, berupa lahan marginal, lahan tidur, atau lahan nonproduktif lainnya (Trikoesoemaningtyas dan Suwanto 2006).

Benih, input utama dalam produksi tanaman melalui mutu fisik, fisiologis dan genetiknya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tiga kriteria mutu benih yang perlu diketahui adalah: (a) mutu genetik, yaitu mutu benih yang ditentukan berdasarkan identitas genetik yang telah ditetapkan oleh pemulia dan tingkat kemurnian dari varietas yang dihasilkan, identitas benih tidak hanya ditentukan oleh tampilan benih, tetapi juga fenotipe tanaman; (b) mutu fisiologi, yaitu mutu benih yang ditentukan oleh daya berkecambah dan ketahanan simpan benih; dan (c) mutu fisik, ditentukan oleh tingkat kebersihan, keseragaman biji dari segi ukuran maupun bobot (Saenong *et al.* 2007).

Mutu benih ditentukan mulai dari proses prapanen. Penanganan panen dan pascapanen yang tepat merupakan upaya untuk mempertahankan mutu benih. Mutu benih juga ditentukan oleh lingkungan pertumbuhan (tingkat kesuburan tanah, iklim, dan cara budi daya), waktu dan cara panen, cara pengeringan, pemipilan, pembersihan, sortasi (grading), pengemasan, dan distribusi.

TEKNIK PRODUKSI BENIH SORGUM

Dalam memproduksi benih sorgum, dua hal yang menjadi persyaratan utama adalah standar lapangan berdasarkan klas benihnya dan standar laboratorium (Saenong *et al.* 2007, Gupta 1999, ISTA 2006).

Standar lapangan: isolasi jarak 400 m untuk benih penjenis, 300 m untuk benih dasar dan 200 m untuk benih pokok dan benih sebar atau isolasi waktu 30 hari, tipe simpang maksimal 0,05% untuk benih dasar dan 0,10% untuk benih pokok dan benih sebar. Penyakit yang ada maksimal 0,05% untuk benih dasar dan 0,10% untuk benih pokok dan benih sebar. Standar laboratorium: benih murni minimum 98%, materi lain maksimum 2%, jumlah benih tanaman lain maksimum 10/ kg benih, jumlah benih varietas lain maksimum 20/ kg benih, benih berpenyakit maksimum 0,04%, daya berkecambah minimum 80%, kadar air maksimum untuk wadah yang tidak kedap udara 12% dan wadah kedap udara 8%.

Sorgum diklasifikasikan sebagai tanaman yang menyerbuk sendiri (*self-pollinated crop*). Jumlah malai yang menyerbuk silang bervariasi, bergantung pada bentuk malainya, biasanya 2-10% , dan biasanya $\frac{1}{4}$ bagian atas malai (untuk jenis sorgum yang bentuk malainya terbuka). Pembungaan malai biasanya 4-9 hari, bergantung varietas, ukuran malai, suhu dan kelembaban udara. Sorgum tergolong tanaman yang dapat menyerbuk melalui angin, pollennya bisa hidup selama 3-6 jam. Oleh karena itu, standar lapangan diperlukan dalam produksi benih sorgum untuk menjamin kemurnian benih.

Standar laboratorium selain untuk menjamin kemurnian genetik benih, juga diperlukan untuk menjamin mutu fisiologis benih sehingga memiliki daya tumbuh yang tinggi, lebih vigor, dan tahan terhadap organisme pengganggu tanaman.

Dalam produksi benih sorgum, seperti halnya jagung tiga hal menjadi perhatian adalah: (1) kualitas benih harus lebih baik daripada kualitas biji, sehingga input yang diberikan dalam sistem produksi benih lebih besar dibandingkan dengan sistem produksi biji; (2) kesuburan lahan lebih seragam untuk memudahkan seleksi dan roughing terhadap tipe tanaman yang menyimpang (*off type*); dan (3) fasilitas pendukung mudah tersedia pada saat dibutuhkan, seperti tenaga kerja rouging, perawatan, panen, dan pascapanen (Saenong *et al.* 2007, Gupta 1999).

Penyiapan Lahan

Lahan yang dipilih untuk produksi benih sorgum sebaiknya mempunyai fasilitas drainase yang baik untuk menghindari genangan air. Tanaman terdahulu sebaiknya bukan bekas pertanaman sorgum dari varietas yang berbeda, untuk menjaga sisa-sisa biji yang dapat berkecambah kembali, lahan sebaiknya dibajak dan digaru ulang.

Seleksi dan Perlakuan Benih

Benih yang digunakan sebaiknya memiliki vigor yang tinggi. Untuk 1 ha lahan dibutuhkan sekitar 10 kg benih. Untuk lahan yang agak kering, benih direndam dalam larutan potassium dihydrogen phosphate 2%, lalu dikeringkan agar kembali ke kadar air awal (Gupta 1999).

Waktu Tanam

Kegiatan produksi benih sebaiknya dilakukan pada musim yang tepat, karena akan berpengaruh terhadap mutu benih. Kondisi cuaca berpengaruh terhadap munculnya malai dan tahap perkembangan biji. Curah hujan yang tinggi pada saat perkembangan biji dapat berakibat perubahan warna biji dan perkembangan penyakit karat. Waktu tanam terbaik adalah pada akhir musim hujan dan panen pada musim kemarau.

Sebelum ditanam, benih sorgum diberi perlakuan pestisida atau *seed treatment* untuk menghindari semut dan lalat bibit di lokasi penanaman. Insektisida yang digunakan adalah karbaril 85%. Setelah benih ditanam, insektisida karbofuran 3% diberikan pada lubang tanam, 15 kg/ha atau 5 butir/lubang. Furadan dapat diberikan lagi kalau terlihat gejala serangan melalui pucuk daun pada umur 21 HST.

Kerapatan Tanaman

Kerapatan tanaman dalam kegiatan produksi benih sama dengan produksi biji, namun populasi tanaman sebaiknya tidak terlalu rapat sehingga dapat mengamati tipe simpang tanaman. Jarak tanam yang digunakan dalam produksi benih sorgum biasanya 75 cm antarbaris dan 25 cm dalam baris, bergantung pada kondisi lingkungan tumbuh (Gupta 1999).

Pemupukan dan Aplikasi Pestisida

Pemupukan optimal diberikan sesuai dengan kondisi tanah. Pada umumnya takaran pupuk yang digunakan adalah urea 200 kg, SP36 100 kg, dan KCl 100 kg/ha. Pada beberapa pengujian hanya pupuk N yang berpengaruh nyata terhadap hasil panen. Pestisida diberikan sesuai dengan kebutuhan. Pengendalian gulma diperlukan untuk menjaga tanaman tetap vigor selama pertumbuhan.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi pengairan tanaman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit. Pemberian air pada tanaman sorgum perlu dilakukan, khususnya pada musim kemarau. Pada musim hujan sebaiknya dibuat

saluran drainase agar air tidak menggenang di antara baris tanaman. Tiga fase pertumbuhan tanaman sorgum yang memerlukan air dalam jumlah yang cukup adalah pada fase keluar malai, pembungaan, dan pemasakan biji. Agar diperoleh hasil benih yang tinggi dan bermutu sebaiknya waktu panen diatur tepat pada musim kemarau.

Intensitas penyiangan bergantung pada kecepatan tumbuh gulma di area pertanaman. Penyiangan dilakukan secara manual menggunakan cangkul atau sabit. Penyiangan pertama dilakukan sebelum pemupukan pertama (10 HST). Penyiangan kedua sebelum pemupukan kedua (30 HST) dan penyiangan selanjutnya pada saat tanaman memasuki fase generatif. Penggunaan pestisida bergantung pada jenis hama dan penyakit yang menyerang pertanaman. Pengendalian hama belalang, walang sangit, dan aphids dilakukan dengan insektisida decis (Deltamethrin 25 g/l) dan pengendalian penyakit yang disebabkan oleh cendawan menggunakan fungisida difekonazol 250 g/l.

Tipe simpang tanaman

Untuk menjaga kemurnian genetik, tanaman harus terisolasi dari tanaman sorgum varietas lain. Di area pertanaman, beberapa tanaman dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari rata-rata populasi tanaman. Perbedaan dapat terjadi pada bentuk dan warna daun, bentuk malai dan waktu pembungaan. Tanaman yang berbeda dari karakteristik varietas yang tercantum dalam deskripsi varietas disebut tanaman tipe simpang (*offtype* atau *rogue*). Proses pencabutan tanaman tipe simpang disebut roughing. Jika tanaman tipe simpang menyerbuki tanaman normal, kemurnian genetik dari benih yang dihasilkan akan terpengaruh. Roughing dapat dilakukan pada beberapa fase pertumbuhan tanaman (Tabel 1).

Syarat Penting dalam Produksi Benih Sorgum

Sorgum merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang sering menyerbuk silang (bergantung pada tipe malai), adakalanya mencapai 50%, sehingga dalam produksi benihnya diperlukan isolasi jarak untuk mencegah

Tabel 1. Ciri-ciri tanaman tipe simpang pada beberapa fase pertumbuhan tanaman.

Fase pertumbuhan	Tipe simpang
Sebelum pembungaan	Warna dan bentuk daun dan batang berbeda
Saat pembungaan	Waktu pembungaan lebih cepat atau lebih lambat dan bentuk malai berbeda
Sebelum panen	Malai ditumbuhi oleh jamur dan karat, penampilan malai berbeda

Tabel 2. Persyaratan isolasi jarak minimal dan tipe simpang maksimal yang dapat ditoleransi dalam produksi beberapa kelas benih sorgum.

Klas benih	Isolasi jarak minimal (m)	Tipe simpang maksimal (%)
Benih penjenis	400	0,01
Benih dasar	300	0,05
Benih pokok	200	0,1
Benih sebar	200	0,1

Sumber: Gupta (1999)

kontaminasi atau serbuk sari dari tanaman lain. Ada dua cara isolasi, yaitu isolasi jarak dan isolasi waktu. Isolasi jarak diperlukan untuk menghindari kontaminasi serbuk sari atau varietas lain untuk menjaga kemurnian benih yang diproduksi. Isolasi jarak dilakukan jika terdapat tanaman sorgum varietas lain di areal yang sama. Isolasi waktu dilakukan jika area pertanian tidak memungkinkan untuk isolasi jarak, sementara ada dua atau lebih varietas yang akan diproduksi. Isolasi waktu yang dianjurkan 30 hari setelah tanam varietas satu dengan varietas lain. Persyaratan isolasi jarak untuk setiap kelas benih sorgum disajikan pada Tabel 2.

PENGELOLAAN BENIH SORGUM

Penanganan sorgum untuk benih dilakukan sebelum panen karena vigor benih tertinggi diperoleh pada saat masak fisiologis, yang ditandai oleh adanya lapisan hitam pada biji. Setelah mencapai masak fisiologis, proses deteriorasi mulai berlangsung. Deteriorasi benih mencakup hilangnya integritas membran sel, respirasi lebih lambat, tingginya daya hantar listrik dari bocoran membran sel, dan penurunan aktivitas enzim yang tercermin dari rendahnya daya kecambah benih (Delouche and Baskin 1973).

Roberts dan Osei (1988) mengidentifikasi tanda-tanda penurunan vigor, berupa lambat dan beragamnya pertumbuhan kecambah, dan tingginya pertumbuhan kecambah abnormal. Tekrony dan Egli (1991) menyatakan bahwa pertumbuhan kecambah yang lambat dan pertumbuhan tanaman yang beragam merupakan indikasi rendahnya mutu benih.

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap vigor benih antara lain genetik, nutrisi tanaman induk, kondisi lingkungan tumbuh dan cuaca, waktu dan cara panen, pengeringan dan prosesing, perlakuan benih, dan penyimpanan (Harman and Stasz 1986, Hallion 1986, Adetunji 1991, Castillo *et al.* 1994). Kondisi prapanen dan penyimpanan yang tidak sesuai

mempercepat proses deteriorasi benih yang berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan tanaman di lapang.

Mutu benih yang tinggi merupakan faktor penting dalam memperoleh pertumbuhan tanaman yang baik. Benih dengan mutu fisiologis tinggi menunjang perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Uji vigor, seperti daya hantar listrik air rendaman benih, diperlukan dalam memprediksi pertumbuhan tanaman di lapang, lebih sensitif dibandingkan dengan uji daya berkecambah, dan merupakan salah satu indikator mutu benih (Hampton and Coolbear 1990, Hegarty 1977, Baalbaki and Copeland 1987).

Panen dan Perontokan

Tanaman sorgum dapat dipanen 40-45 hari setelah 50% berbunga. Pada tahapan ini kadar air biji 20-22% (Gupta 1999), atau 26-28% (Arief *et al.* 2013), dan terdapat lapisan hitam pada bagian dasar biji. Pada saat ini, bobot biji, daya berkecambah, dan vigor benih tertinggi diperoleh. Benih sorgum yang dipanen sebelum mencapai masak fisiologis biasanya mengerut pada saat dilakukan pengeringan. Terlambat panen menurunkan hasil biji dan mutu benih, dan bijinya biasanya berubah warna menjadi lebih gelap/hitam yang dapat disebabkan oleh infeksi penyakit. Panen pada musim hujan dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti tanaman roboh akibat terpaan angin, biji yang masih ada di lapang mengalami perkecambahan dan menjadi busuk.

Perontokan dan Pengeringan

Malai yang sudah dipanen dikeringkan hingga mencapai kadar air 15-18%. Jika kadar air biji di bawah 15% terjadi kerusakan benih akibat retak. Sebaliknya, jika kadar air biji masih di atas 18% memberi peluang terjadinya kerusakan mekanis. Kerusakan mekanis berpengaruh terhadap daya berkecambah dan vigor benih dan memudahkan terjadinya infeksi jamur. Setelah panen, sorgum langsung dikeringkan lalu dilepaskan bijinya dari malai. Pada kondisi tertentu, seperti panen pada musim hujan, sorgum ditumpuk dan ditunda pengeringannya sehingga berdampak terhadap penurunan mutu fisik dan fisiologis benih (Tabel 3).

Pengeringan benih sebaiknya dilakukan hingga mencapai kadar air 10-12%. Pada saat prosesing, semua kotoran benih dan benih yang tidak seragam dipilah untuk mencegah kontaminasi fisik.

Arief *et al.* (2013) menyatakan bahwa penumpukan sorgum setelah panen menurunkan daya berkecambah benih 4,4% dan setelah disimpan 6 bulan pada suhu 18-22°C, RH 60-70%, penurunan daya berkecambah mencapai 28,9%. Pemupukan sorgum setelah panen juga meningkatkan

Tabel 3. Mutu benih sorgum varietas kawali yang di peroleh dari lot benih yang langsung dikeringkan, pengeringan ditunda 3 hari dan 6 hari. Maros 2012-2013.

Penudaan (hari)	Daya berkecambah (%)						
	Okt	Nop	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
0	91,1 a	92,3 a	90,9 a	90,9 a	93,4 a	91,4 a	91,7 a
3	90,3 a	91,1 ab	89,7 ab	88,9 ab	89,7 a	83,7 b	80,3 b
6	87,1b	89,1 b	88,6 b	86,0 b	85,4 b	78,3 b	65,1 c
Kecepatan tumbuh (% /etmal)							
0	24,5 a	25,1a	24,8a	24,3 a	24,9 a	25,1a	24,4 a
3	24,5 a	24,7 ab	24,6 a	23,5 ab	23,7 a	23,0 b	20,7 b
6	23,1 b	23,9b	24,1 a	22,5 b	22,2 b	21,7 b	17,4 c
Panjang akar (cm)							
0	13,1 a	12,7a	11,9 a	10,9a	10,6 a	11,0 a	10,7 a
3	10,9b	10,9 b	10,9 b	10,1 b	10,0 a	10,4a	10,1 a
6	9,7 c	9,3 c	9,4c	9,4 c	9,3 b	9,4 b	8,9 b
Panjang pucuk (cm)							
0	6,3 a	6,0 a	6,0a	5,7a	6,3 a	5,7a	5,9 a
3	5,1 b	5,6 a	5,7 a	4,7 b	5,6 a	5,1 b	5,1 a
6	4,7 b	4,1 b	4,4 b	4,6 b	5,4 a	4,4 c	4,3 b
Daya hantar listrik (μ s/cm/g)							
0	24,4 b	26,2 b	27,7 b	28, 5 b	28,6 c	41,7b	43,8 c
3	27,6 b	26,8 b	34,5 a	32,9 b	33,2 b	46,0 b	51,9 b
6	37,3 a	38,9 a	38,6 a	38,6 a	38,0 a	58,5 a	65,7 a

Sumber: Arief *et al.* (2013)

daya hantar listrik air rendaman benih setelah disimpan 6 bulan sebesar 33,3%. Hal ini mengindikasikan terjadinya kebocoran membran sel yang lebih besar. Selain itu, terjadi penurunan kecepatan tumbuh, peningkatan kecambah abnormal, penurunan panjang akar dan panjang pucuk pada lot benih yang ditunda pengeringannya (Tabel 3).

Penyimpanan Benih

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

Secara praktis, benih dapat disimpan pada suhu kamar (28-32°C) atau ruang sejuk (18-22°C), bergantung pada lama penyimpanan dan kadar air benih yang akan disimpan. Penyimpanan selama 12 bulan, kadar air benih sebaiknya di bawah 12%. Jika penyimpanan lebih dari 12 bulan, kadar air benih sebaiknya di bawah 8%, benih disimpan dalam kemasan kedap udara. Penelitian Ahmed dan Alama (2010) menunjukkan bahwa benih sorgum yang disimpan dalam wadah kedap selama 12 bulan mempunyai daya berkecambah di atas 90%, dan setelah 24 bulan penyimpanan daya berkecambah benih masih di atas 80% (Tabel 4).

Benih sorgum varietas Numbu yang disimpan selama 6 bulan dalam wadah kedap (plastik polyethilen ketebalan 0,2 mm) pada ruang sejuk (suhu 18-22°C), memiliki kadar air 10,6%, daya berkecambah lebih dari 90%, kecepatan tumbuh 25,6%/etmal, dan daya hantar listrik 41,8 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ (Tabel 5).

Tabel 4. Kadar air dan daya berkecambah benih sorgum varietas lokal Feterita setelah disimpan. Univ. Khartoum, Sudan 2002-2005.

Perlakuan	Kadar air (%)	Daya berkecambah (%)
Benih baru panen	4,0 d	99,5 a
Gudang tembok (1 tahun)	4,5 c	93,7 c
Gudang tembok (2 tahun)	4,6 b	81,0 d
Gudang besi berpori/berlubang (1 tahun)	4,9 a	64,0 e
Gudang besi berpori/berlubang (2 tahun)	4,9 a	34,0 f
Silo konvensional (1 tahun)	4,0 d	93,7 b
Silo konvensional (2 tahun)	4,0 d	88,0 c
Silo terkontrol (1 tahun)	4,0 d	99,0 a
Penyimpanan dalam tanah	4,9 a	10,0 g

Sumber: Ahmed dan Alama (2010).

Tabel 5. Mutu benih sorgum varietas Numbu pada beberapa periode pengamatan. Maros 2012-2013.

		Daya berkecambah (%)				
Okt	Nop	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
94,0	93,0	92,0	92,0	94,0	92,0	93,3
		Kecepatan tumbuh (% /etmal)				
24,6	25,4	24,8	24,7	25,6	25,6	25,6
		Kadar air (%)				
10,3	10,4	10,5	10,5	10,6	10,6	10,6
		Daya hantar listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)				
24,8	25,8	25,7	25,2	25,5	39,4	41,8

Sumber: Arief *et al.* (2013)

Tabel 6. Kadar air benih jagung, sorgum, dan gandum pada beberapa tingkat kelembaban udara pada suhu 25°C. Minnesota 1982.

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

Sumber: Copeland dan Mc Donald (1985)

Benih sorgum bersifat higroskopik, akan mencapai keseimbangan kadar air dengan kelembaban relatif (RH) di sekitarnya. Waktu yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan kadar air benih dipengaruhi oleh RH lingkungan. Biji sorgum mengandung protein 9-12%, karbohidrat 60-74%, dan lemak 2-4% (FAO 1995, Shargie, 2012). Komponen karbohidrat dan protein cukup higroskopis, sehingga apabila benih disimpan pada ruang terbuka (tidak kedap udara) maka kadar air biji selalu seimbang dengan kelembaban relatif (RH) di sekitarnya. Pada Tabel 6 dapat dilihat kadar air benih akan meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban udara relatif. Karena itu, di daerah tropis basah, benih harus disimpan dalam wadah kedap udara.

PERSYARATAN DAN TEKNIK PRODUKSI BEBERAPA KELAS BENIH SORGUM

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

Benih Penjenis

- Benih inti ditanam untuk menghasilkan benih penjenis.
- Plot terisolasi minimal 400 m dari plot tanaman sorgum lainnya.
- Benih ditanam 1 biji per lubang.
- Jarak tanam antarbaris 75 cm, dalam baris 25 cm.
- Saat tanaman berumur 2-4 minggu dilakukan seleksi vigor tanaman.
- Dengan mencabut tanaman yang kerdil, lemah, pucat, bentuk menyimpang, tumbuh di luar barisan, dan tertular penyakit. Saat itu juga dilakukan penjarangan tanaman yang tumbuh lebih dari satu batang tiap rumpun atau terlalu rapat.
- Sebelum berbunga tanaman simpang telah dicabut.
- Selama pembungaan, tanaman diamati setiap hari untuk mengidentifikasi dan mengeluarkan tanaman tipe simpang.
- *Roughing* terakhir dilaksanakan sebelum panen untuk memastikan tidak ada lagi tanaman tipe simpang di lapangan.
- Tanaman tipe simpang maksimal tidak lebih dari 0,01%.
- Pada waktu panen dipilih malai terbaik, dikeringkan, dipipil terpisah. Benih yang berasal dari malai tersebut merupakan benih inti untuk memproduksi benih penjenis berikutnya. Sisa dari benih terpilih merupakan benih penjenis yang digunakan untuk memproduksi benih dasar.

Benih Dasar

- Benih dasar ditanam dari benih penjenis pada lahan yang terisolasi minimal 300 m dari pertanaman sorgum lainnya.
- Sebelum pembungaan dilakukan *roughing* untuk memilah tanaman tipe simpang.
- Sebelum panen dilakukan *roughing* terakhir untuk memastikan tidak ada lagi tanaman tipe simpang.
- Tanaman tipe simpang maksimal tidak lebih dari 0,05% (Gupta 1999).

Berbeda dengan benih inti dan benih penjenis, produksi benih dasar, benih pokok, dan benih sebar perlu memerhatikan beberapa hal berikut :

- Mengajukan ijin penangkaran ke Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB).
- Setelah peninjauan lokasi oleh BPSB dan mendapat persetujuan baru dilakukan penanaman.
- Sebelum peninjauan pertanaman oleh BPSB sebaiknya dilakukan *roughing* untuk mengeluarkan tipe tanaman simpang.

- Menjelang panen, BPSB segera diberitahukan tentang mutasi calon benih, kemudian disusul dengan surat permohonan pengambilan contoh benih dan permintaan label.

Benih Pokok

- Benih pokok ditanam dari benih dasar pada lahan yang terisolasi minimal 200 m dari tanaman sorgum lainnya.
- Perbanyak benih sorgum yang ditanam dalam satu areal sebaiknya hanya satu varietas.
- Tanaman tipe simpang maksimal tidak lebih dari 0,1%.
- Dalam produksi benih pokok, prosedur pemberian label serupa dengan benih dasar.

PRODUKSI DAN DISTRIBUSI BENIH SORGUM

Di Indonesia, benih sumber sorgum dari varietas unggul yang dihasilkan Badan Litbang Pertanian diproduksi oleh pemulia di Balai Penelitian. Benih sumber yang dihasilkan pemulia di Balai Penelitian sebagian disalurkan ke produsen benih (BBI) melalui Direktorat Perbenihan, sebagian lainnya disimpan di Balai Penelitian untuk pemulia dan peneliti lain. Berbeda dengan benih jagung, dalam sistem produksi benih sorgum perusahaan swasta belum berperan secara penuh dalam produksi benih sebar, sehingga sebagian petani/pengguna sorgum memperbanyak benih untuk kebutuhannya. Dalam beberapa studi di Afrika, McGuiree (2008) menyimpulkan pentingnya sentralisasi akses benih bagi petani. Berkaitan dengan itu diperlukan intervensi dan dukungan terhadap sistem perbenihan petani, misalnya bantuan benih dari pemerintah dalam kondisi darurat dan memberikan akses terhadap petani (Sperling *et al.* 2006, Remington *et al.* 2002).

Secara longitudinal industri benih, mulai dari pemuliaan di lembaga penelitian sampai distribusi di tingkat petani, melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan. Pemanfaatan benih varietas unggul baru dinilai berhasil jika petani sudah menikmati panen dari varietas unggul tersebut. Banyak program dibuat untuk memproduksi dan mengelola benih varietas unggul, tetapi kurang berguna jika distribusi ke petani tidak diperhatikan dengan baik (Douglas 1980).

Dalam kurun waktu 2005-2012, permintaan benih sumber sorgum melalui Balai Penelitian Tanaman Sereal, Badan Litbang Pertanian, tergolong rendah, namun mulai awal Januari 2013 hingga April 2013 terjadi lonjakan permintaan benih sorgum, yaitu varietas Kawali 2.815 kg dan Numbu 3.273 kg yang didistribusikan ke Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Kalimantan Timur, Nusa Tenggara Timur, Lampung, Sulawesi Tenggara (Tabel 7).

Tabel 7. Distribusi benih sorgum varietas Numbu dan Kawali pada tahun 2005-2013.

Tahun	Varietas		Total (kg)	Wilayah distribusi/penanaman
	Kawali (kg)	Numbu (kg)		
2005	45	5	50	DKI, Jabar, Jatim, Sulsel
2006	45	105	150	DKI, Jabar, Jatim, Sulsel, DIY
2007	15	5	20	Sulsel
2008	75	361	436	Lampung, Jabar, Jateng, Gorontalo, Sulsel, Papua selatan/Merauke
2009	13	18	31	Banten, Jabar, Sulsel, Bali, NTT
2010	0	10	10	NTT
2011	4	32	36	Jabar, Sulsel, NTB
2012	37	178	215	Lampung, Jateng, Jatim, Sulsel, Sulut
2013	2814,5	3272,5	6087	Jatim, Sulsel, Kaltim NTT, Lampung, Sultra

KESIMPULAN

1. Produksi benih sorgum mengacu pada standar lapangan dan laboratorium benih, memerhatikan aspek mutu terutama mutu fisik dan fisiologis selain mutu genetik.
2. Kegiatan produksi benih sorgum sebaiknya dilakukan pada akhir musim hujan dan panen pada musim kemarau. Panen pada musim hujan memicu terjadinya kerusakan membran benih.
3. Tanaman sorgum dapat dipanen 40-45 hari setelah 50% berbunga, pada tahapan ini kadar air biji 20-28% , dan terdapat lapisan hitam pada bagian dasar biji.
4. Penundaan pengeringan, menumpuk sorgum selama 6 hari setelah panen menurunkan daya berkecambah benih 4,4% pada awal penyimpanan dan setelah disimpan 6 bulan daya berkecambah turun 28,9% dan daya hantar listrik air rendaman benih meningkat 33,3% dibanding benih yang langsung dikeringkan setelah panen.
5. Daya berkecambah benih sorgum varietas Numbu yang disimpan selama 6 bulan dalam wadah kedap udara (suhu 18-22°C), misal sekitar 90% dengan kadar air 8-9% dan daya hantar listrik 21-24 $\mu\text{S}/\text{cm}^2/\text{g}$.
6. Penyimpanan selama 12 bulan dalam wadah kedap udara, kadar air benih sebelum disimpan sebaiknya di bawah 12%. Jika penyimpanan lebih dari 12 bulan, kadar air benih diturunkan di bawah 8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetunji, I.A. 1991. Effect of harvest date on seed quality and viability of sunflower in semi-arid tropics. *Seed Science and Technology* 19:571-580.
- Ahmed, E.E.A. and S.H.A. Alama. 2010. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench. Seed quality as affected by type and duration of storage. *Agriculture and Biology Journal of North America*. ISSN Print 2151, ISSN online: 2151-7525.
- Arief, R., F. Koes, dan O. Komalasari. 2013. Evaluasi mutu benih sorgum dalam gudang penyimpanan. Laporan tengah tahun 2013. Balitsereal. Belum dipublikasikan.
- Baalbaki, R.Z. and L.O. Copeland. 1987. Vigor testing of wheat and its relationship to field performance, storage and seed quality. *Newsletter of Association of Official Seed Analysts* 61, 15.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1978. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. 1st volume. Springer-Verlag, Berlin.
- Castillo, A.G., J.G. Hampton, and P. Coolbear. 1994. Effect of sowing date and harvest timing on seed vigour in garden pea *Pisum sativum* L.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 22:91-95.
- Chivatsi, W.S., G.M. Kamau, E.N. Wekesa, A.O. Diallo, and D.G. Hugo. 2002. Community-based maize seed production in coastal lowland Kenya The 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, Nairobi, Kenya, 11 - 15 February 2002. Mexico, D. F.: CIMMYT. pp. 446-451.
- Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. McMillan Pub.Comp. New York.
- Cromwell, E., S. Wiggins, and S. Wentzel. 1993. Sowing Beyond the State, NGOs and Seed Supply in Developing Countries. Overseas Development Institute. London.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science a technology. McMillan Pub.Comp. New York.
- Delouche, J.C. 1990. Research on association of seed physical properties to seeds quality. Prepared for Seed Research Workshop. AARP II Project, Sukamandi, Indonesia.
- Delouche, J.C., and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci Technol* 1 : 427 - 452

- Douglas, J.E. 1980. Successful Seed Programs. Westview. International Agricultural Development Series. Colorado.
- FAO. 1995. Chemical composition and nutritive value of sorghum and millets in human nutrition. FAO corporate doc. Repository. www.fao.org/docrep/t0818e/T0818Eoa.htm. diakses 22 juli 2013.
- Gupta, S.C. 1999. Seed production procedures in sorghum and pearl millet Information Bulletin no. 58. (In En. Summaries in En, Fr.) Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 16 pp. ISBN 92-9066-415-0. Order code IBE 0 5 8 .
- Hallion, J.M. 1986. Microorganisms and seed deterioration. In *Physiology of seed deterioration*. (eds. M.B. McDonald Jr. and C. J. Nelson), pp. 89-99, CSSA Special Publication, No. 11. Crop Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Hampton, J.G. and P. Coolbear. 1990. Potential versus actual seed performance - Can vigour testing provide an answer? *Seed Science and Technology* 18:215-228.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: T.T. Kozlowski (Ed.). *Seed biology* Vol. III. Academic Press. New York. p. 145-245.
- Harman, G.E. and T.E. Stasz. 1986. Influence of seed quality on soil microbes and soil rots. In *Physiological-pathological interactions affecting seed deterioration*. (ed. S. H. West), pp. 11-37, CSSA Special Publication, No. 12. Crop Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Hegarty, T.W. 1977. Seed vigour in field beans (*Vicia faba* L.) and its influence on plant stand. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 88:168-173.
- Ikaningtyas. 2013. PTPN perluas lahan sorgum di Banyuwangi. www.tempo.co. tanggal 24 April 2013. Diakses 20 Mei 2013.
- ISTA. 2006. International Rules for Seed Testing. Ed. 2006. 8303 Basserdorf, CH-Switzerland.
- Justice, O.L. and L.N. Bass. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Publ. Ltd. 289 p.
- Matthes, R.K., G.B. Welch, J.C. Delouche, and G.M. Dougherty. 1969. Drying, processing and storage of corn seed in tropical and subtropical regions. *American Society of Agricultural Engineers*, No. 1838.
- Mgonja, M. and R. Jones. 2008. Sorghum seed system. Diakses tanggal 6 Juli 2013 www.cas.ip.org. Central Advisory Service for Intellectual Property-CGIR. ICRISAT.

- Mc Guire, S.J. 2008. Securing access to seed: social relations and sorghum seed exchange in eastern Ethiopia. *Human Ecology* 36(2): 217-229. doi : 10.1007/s10745-007-9143-4.
- Mutegi, Evans, S. Fabrice, M. Moses, K. Ben, R. Bernard, M. Caroline, Ma. Charles, K. Joseph, P. Heiko, D.V. Santie, S. Kassa, T. Pierre, and L. Maryke. 2010. Ecogeographical distribution of wild, weedy and cultivated *Sorghum bicolor* (L.) Moench in Kenya: implications for conservation and crop-to-wild gene flow. *Genetik Resources and Crop Evolution* 57 (2):243-253. doi:10.1007/s10722-009-9466-7.
- Remington, T., J. Maroko, S. Walsh, P. Omanga, and E. Charles. 2002. Getting off the seeds-and-Tools treadmill with CSR seed Vouchers and Fairs. *Disasters* 26:316 -328.
- Roberts, E.H. and B.K. Osei. 1988. Seed and seedling vigour. In *World Crops: Cool Season Food Legumes*. (Eds.) R.J. Sumnerfield, pp. 879-910. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Saenong, S., M. Azrai, Ramlah Arief, dan Rahmawati. 2007. Pengelolaan benih jagung. Jagung; Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. p. 145-176.
- Shargie, N. 2012. Physicochemical characteristics and nutritional value of sorghum grain. Arc-grain crops Institute. www.grainsa.co.za/physico-chemical-characteristics-and-nutritional-value-of-sorghum-grain. Diakses 22 Juli 2013.
- Sperling, L. and D. Cooper. 2003. Understanding seed system and strengthening seed security. In Sperling, L., Osborn, T. and Cooper, D (eds). *Towards effective and sustainable seed relief activities*. FAO. Plant Production and Protection Paper 181, Rome. pp. 7 – 33
- Sperling, L., T. Remington, and J. Haugen. 2006. Seed aid for seed security. Advice for Practitioners, Practice briefs 1 – 10, International Center for tropical Agriculture and Catholic Relief Services, Rome.
- Tekrony, D.M. and D.B. Egli. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield : A Review. *Crop Science* 31 : 816 -822
- Tripp, R. 2001. *Seed Provision and Agricultural Development*, Overseas Development Institute, London.
- Trikoesoemaningtyas dan Suwanto. 2006. Potensi pengembangan sorgum di lahan marginal. Makalah dalam Fokus Grup Diskusi “Prospek Sorgum untuk Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi”. MENRISTEK-BATAN. Serpong.

Pengelolaan Hara pada Tanaman Sorgum

Syafruddin dan M. Akil
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Pengembangan sorgum di Indonesia dalam skala luas terdapat di NTT, NTB, dan Jawa Timur pada lahan kering beriklim kering. Kendala utama dalam pengembangan suatu komoditas pada lahan kering beriklim kering antara lain ketersediaan air dan hara tanah yang relatif rendah. Tanaman sorgum mempunyai daya adaptasi yang luas, toleran kekeringan, dan efisien dalam memanfaatkan hara karena mempunyai sistem akar serabut yang melebar sehingga menguntungkan dalam pemupukan. Ketersediaan hara yang rendah memerlukan tambahan hara atau pemupukan, karena itu diperlukan pengelolaan hara yang tepat sehingga pemupukan lebih efisien dan efektif.

Pengelolaan hara yang baik bertujuan untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi dengan mempertimbangkan kemampuan lahan, potensi tanaman, dan kondisilingkungan sehingga diperoleh produksi secara berkesinambungan. Pengelolaan hara tidak hanya bertumpu pada penggunaan pupuk anorganik dengan tepat dosis, jenis, dan waktu pemupukan, tetapi juga pupuk organik dan netralisasi toksistas hara (Al, Fe, atau Mn) melalui pengapuran.

Pemanfaatan pupuk organik selain mengurangi penggunaan pupuk anorganik juga mempunyai dampak jangka panjang terhadap perbaikan kesuburan biologi dan sifat fisik tanah. Pemanfaatan pupuk organik yang berasal dari pupuk kandang pada tanaman sorgum akan lebih efisien jika diintegrasikan dengan tanaman ternak.

Pengapuran pada tanah masam untuk tanaman sorgum diperlukan tanaman inisensitif terhadap pH rendah, namun perlu mempertimbangkan efisiensi ekonominya mengingat harga kapur yang relatif mahal.

KEBUTUHAN HARA TANAMAN SORGUM

Hara esensial yang dibutuhkan tanaman sorgum diperoleh dari dalam tanah dan udara. Hara yang diperoleh dari dalam tanah terdiri atas: 1) hara makro primer, hara yang digunakan dalam jumlah banyak dan sering kekurangan dalam tanah, yaitu N, P, dan K, 2) hara makro sekunder, hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak namun ketersediaannya dalam tanah sering

Tabel 1. Unsur hara yang diserap tanaman sorgum untuk memproduksi setiap 1 ton biji.

Hara	Biji kg	Brangkasan
Nitrogen (N)	6.063	6.857
Phosphor (P ₂ O ₅)	3.032	1.444
Kalium (K ₂ O)	1.588	7.723
Sulfur (S)	0.577	0.938
Magnesium (Mg)	0.505	0.722
Calcium (Ca)	0.101	1.371
Tembaga (Cu)	0.001	0.001
Mangan (Mn)	0.004	0.008
Seng (Zn)	0.005	0.010

Sumber: Vanderlip *et al.*(1992) (data diolah kembali)

mencukupi sehingga jarang terjadi kekurangan dibanding hara primer, yaitu S, Mg, dan Ca, 3)hara mikro dibutuhkan dalam jumlah sedikit, yaitu Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl. Hara yang diperoleh dariudara adalah C, H, dan O.

Jumlah hara yang diserap tanaman sorgum mirip dengan yang diserap tanaman jagung. Untuk setiap 1 kg biji yang dihasilkan, tanaman sorgum menyerap N dalam biji hampir sama dengan dalam berangkasan, hara P dua kali lebih banyak dalam biji dibanding berangkasan, K yang diserap berangkasan lebih banyak dibanding pada biji, sedangkan S, Mg, Ca dan haramikro relatif lebih banyak di dalam berangkasan dibanding dalam biji (Tabel 1).

Gejala Kahat Hara

Gejala kahat hara pada tanaman sorgum mirip dengan gejala kekurangan hara pada tanaman jagung. Kekahatan hara yang sering dijumpai dan mudah dipantau adalah kahat hara N, P, K, dan S.Kahat.

Nitrogen (N)

Tanaman tumbuh lambat,batang kecil, tipis dan mudah rebah, daun menyempit dan pendek. Apabila kahat N pada awal pertumbuhan, permukaan daun berwarna hijau pucat atau hijau kekuningan yang disebabkanoleh rendahnya klorofil daun. Jika kahat N parah pada saat tanaman fase V6 (25-30 HST),daun yang terletak pada bagian bawahmenguning, dimulai dari pinggir ke tulang daun membentuk huruf V,kemudian berubah menjadi kecoklatan dan akhirnya daun layu dan mati. Kekurangan N sejak awal pertumbuhan menyebabkan keguguran bunga,

ukuran dan jumlah biji dalam satu malai menurun. Batas kritis kekurangan hara N pada fase vegetatif adalah $>3,0\%$ dan pada fase berbunga $>2,5\%$ (Espinoza 2003).

Umumnya tanah pada wilayah tropis basah seperti di Indonesia kahat N. Kahat N terdapat pada tanah dengan kandungan bahan organik rendah, tekstur ringan, dan intensitas pertanian tinggi. Batas kritis kekurangan N di dalam tanah adalah 15-20 ppm (Grundon *et al.* 1987).

Kahat Fosfor (P)

Gejala kahat P, tanaman memendek, sistem perakaran tidak berkembang dengan baik dan terlambat masak, ukuran biji dan malai kecil sehingga hasil menurun. Daun berwarna ungu-kemerahan, dimulai dari ujung ke pangkal daun. Gejala nampak pada daun bagian bawah. Batas kritis kekurangan hara P dalam jaringan daun pada fase vegetatif dan berbunga adalah 2% (Espinoza 2003).

Tanah kahat P sering dijumpai pada tanah bereaksi masam dengan pH $<4,5$ dan tanah alkalin dan kalkerik $>7,5$. Batas kritis kekurangan hara P dalam tanah adalah 35-45 ppm P (Grundon *et al.* 1987).

Kahat Kalium (K)

Kahat K menyebabkan pemendekan antara ruas-ruas batang, malai kecil dan jumlah biji sedikit per malai. Tanaman yang kahat menyebabkan daun berwarna kuning, dimulai pada ujung daun menjalar sepanjang pinggir daun dan lambat laun berwarna coklat seperti terbakar, tulang daun tetap hijau. Gejala warna kuning membentuk huruf V terbalik. Gejala nampak pada daun bagian bawah. Pada tanaman yang kahat K parah, daun menjadi coklat dan akhirnya gugur. Tanaman sorgum yang kahat K mudah rebah dan mudah terinfeksi fungi di dalam tanah. Batas kritis kekurangan K dalam jaringan daun pada fase vegetatif adalah $2,0\%$ dan pada fase berbunga $1,4\%$ (Espinoza 2003).

Kahat K pada tanah yang mempunyai pH yang ekstrim (basa atau masam yang tinggi), ratio Na:K, Mg:K, atau Ca:K yang tinggi, tanah bertekstur ringan dengan bahan organik rendah. Batas kritis kekurangan hara K dalam tanah adalah 100-150 ppm K (Grundon *et al.* 1987).

Kahat Sulfur (S)

Gejala tanaman kahat S, tanaman memendek, kurus dan tipis, ukuran malai kecil dan jumlah biji per malai rendah yang berkontribusi terhadap hasil. Gejala kahat S mirip dengan gejala kahat N, tetapi kahat S menyebabkan

klorosis pada daun muda dan pada daun yang terletak dekat pucuk. Pangkal daun muda berwarna hijau pucat hingga kuning.

Kahat S pada tanaman sorgum sering dijumpai pada tanah yang kandungan bahan organik rendah, tekstur berpasir, atau pada tanah kalkarik. Batas kritis kahat S dalam tanah adalah 7-10 ppm (Grundon *et al.* 1987).

Pemupukan N, P, dan K

Rekomendasi pemupukan sorgum berdasarkan pemupukan spesifik lokasi. Pemupukan spesifik lokasi adalah pemupukan yang sesuai potensi dan peluang hasil, kemampuan lahan menyediakan hara secara alami, dan pemulihan hara. Konsep pemupukan tersebut telah dimanfaatkan pada tanaman padi (Doberman and Fairthurs 2000, Makarim *et al.* 2003) dan pada jagung (Witt *et al.* 2007). Umumnya hara N, P, dan K pada sebagian besar lahan kering menjadi faktor pembatas dalam produksi sorgum. Penentuan kebutuhan pupuk pada tanaman sorgum didasarkan pada target hasil dan analisis tanah (Tabel 2, 3, dan 4). Target hasil merupakan peluang hasil yang dapat diperoleh dengan mempertimbangkan kemampuan lahan dan pengelolaan tanaman secara optimal.

Waktu pemberian pupuk disesuaikan dengan laju pertumbuhan tanaman dan kehilangan pupuk pada setiap jenis tanah. Fase tumbuh tanaman dimana tanaman mengakumulasi hara yang tinggi. Tanaman sorgum pada fase V5 ($\pm$ 30 hari setelah berkecambah) mempunyai laju pertumbuhan dan serapan hara sangat tinggi, karena itu suplai hara yang cukup sangat dibutuhkan untuk mendapatkan pertumbuhan maksimum (Vanderlip 1993). Pada awal pertumbuhan hingga umur 20 hari setelah tumbuh (fase V3), tanaman sorgum belum memerlukan banyak N, tetapi pada umur 60 hari setelah tanam, digunakan hampir 60% dari total

Tabel 2. Pemupukan N pada tanaman sorgum.

Target hasil biji (t/ha)	Bahan organik (%)						
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
	Takaran kg N/ha.....						
2	46	36	26	16	6	0	0
3	75	65	55	45	35	26	16
4	103	93	84	74	64	54	44
5	132	122	112	102	92	82	73
6	160	151	141	131	121	111	101

Sumber: Kansas State University (2013), setelah disesuaikan dengan kondisi Indonesia

Tabel 3. Pemupukan P pada tanaman sorgum.

Target hasil biji (t/ha)	P (ppm) Bray			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	Takaran kg P ₂ O ₅ /ha.....			
2	45	31	18	13
3	47	33	20	16
4	49	36	22	18
5	51	38	25	20
6	54	40	27	22

Sumber: Kansas State University (2013), setelah disesuaikan dengan kondisi Indonesia

Tabel 3. Pemupukan K pada tanaman sorgum.

Target hasil biji (t/ha)	Kadar K (ppm)			
	0-40	40-80	80-120	120-130
	Takaran Kg K ₂ O/ha.....			
2	67	40	18	13
3	69	42	20	16
4	71	45	22	18
5	74	47	25	20
6	76	49	27	22

Sumber: Kansas State University (2013), setelah disesuaikan dengan kondisi Indonesia

kebutuhan N, karena itu pemberian N seperti gas sampai setengah dari total kebutuhan N diberikan pada awal tanam, < 10 HST (Espinoza 2003) sedangkan sisanya pada fase V5.

Pada tanah masam, P akan terfiksasi oleh Al atau Fe, sedangkan K akan banyak tercuci. Pada tanah alkali, P terfiksasi Ca, sedangkan K akan bersaing dan tertekan serapannya oleh Ca, karena itu pemupukan P dan K pada kedua sifat tanah tersebut juga dilakukan secara bertahap agar pupuk lebih efisien dan efektif. Pada tanah dengan pH netral, pupuk P dan K lebih baik diberikan seluruhnya pada awal tanam bersamaan dengan sebagian pupuk N.

Pemberian Bahan Organik

Pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus dan dengan intensitas pertanian yang tinggi akan mempercepat degradasi kesuburan lahan. Karena itu, untuk mempertahankan kesuburan dan produktivitas lahan, diperlukan tambahan pupuk organik. Pada lahan kering marginal, pemberian bahan organik selain untuk memperbaiki kesuburan tanah juga diperlukan untuk memperbaiki struktur tanah agar menjadi lebih gembur, lebih mudah diolah, infiltrasi air lebih cepat, dan kemampuan tanah menahan air lebih besar. Pada lahan kering berlereng, pemberian bahan organik dapat meningkatkan kestabilan agregat, porositas tanah, dan infiltrasi air sehingga meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi (Fagi 2005). Pemberian pupuk organik (kotoran ayam) pada tanaman sorgum dengan takaran 2,5 t/ha dapat mengurangi pemberian pupuk anorganik sebanyak 50% dan menurunkan biaya pemupukan (Amujoyegbe *et al.* 2007).

Untuk menjamin ketersediaan bahan organik pupuk kandang secara berkelanjutan, pengembangan sorgum pada lahan kering idealnya dilakukan secara terintegrasi dengan pengembangan ternak, terutama sapi. Biomass yang dihasilkan tanaman sorgum memiliki nilai gizi yang tinggi untuk pakan ternak, sehingga pengembangan sorgum mendukung pengembangan ternak sapi di lahan kering yang umumnya dihadapkan pada keterbatasan pakan. Pengembangan sorgum di lahan kering yang diintegrasikan dengan ternak sapi meningkatkan efisiensi usahatani dan pendapatan petani, melalui produk yang dihasilkan dari tanaman sorgum (biji, tepung, produk turunan lainnya) dan dari ternak, baik secara langsung maupun pemanfaatan limbah ternak sebagai pupuk organik.

Pemberian Kapur

Kemasaman tanah optimal untuk pertumbuhan tanaman sorgum adalah 6,0-7,5. Hasil biji akan menurun nyata apabila pH tanah < 5,8 (Masket *et al.* 1988). Pada pH tanah 5,42 hasil biji menurun 10% (Butchee *et al.* 2012). Hasil sorgum yang rendah pada tanah masam dapat disebabkan oleh keracunan Al, Fe, atau Mn. Keracunan Al pada sereal dapat menurunkan hasil 28-63% (Sierra *et al.* 2005). Hambatan pertumbuhan akar genotipe sorgum toleran mencapai 30% (Caniato *et al.* 2007), untuk menetralkan toksitas tersebut diperlukan pemberian kapur. Selain menetralkan pengaruh langsung Al, pemberian kapur juga menjadikan unsur hara lebih tersedia, terutama P.

Rekomendasi pengapuran didasarkan atas Al yang dapat dipertukarkan, yaitu setiap mili ekuivalensi Al³⁺ per 100 g tanah setara dengan 1,5 mili ekuivalen kalsium atau setara dengan 1,65 ton kalsium karbonat (CaCO₃) per hektar. Pemberian kapur dilakukan dengan cara 1) tanah diolah

sempurna, 2) kapur ditabur merata diatas permukaan tanah, 3) tanah diaduk hingga kedalaman 20 cm, 4) tanah yang telah diolah dibiarkan selama 2 minggu, baru ditanami sorgum.

DAFTAR PUSTAKA

- Amujoyegbe, B.J., J.T. Opaode, and A.Olayinka. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorghum *Sorghum bicolor* (L.) Moench). African Journal of Biotechnology 6(16):1869-1873.
- Butchee, K., D.B. Arnall, A. Sutradhar, C.Godsey,H.Zhang, and C. Penn. 2012. Determining critical soil ph for grain sorghum production. International Journal of Agronomy. Volume 2012, Article ID 130254, 6 p.
- Caniato, F.F., C.T.Guimaraes, R.E.Schaffert, V.M.C.Alves, L.V.Kochian, A.Borem, P.E. Klein, and J.V. Magalhaes. 2007. Genetic diversity for aluminum tolerance in sorghum. TheorAppl Genet 114:863-876.
- Dobermann, A., and T. Fairthurts. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Internasional Rice Research Institute. Los Banos. Philippines. 192p.
- Espinoza, L. 2003. Fertilization and liming. Grain sorghum production handbook. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. p.21-24.
- Fagi, A.M. 2005. Menyikapi gagasan dan pengembangan pertanian organik di Indonesia. Seri AKTP No. 1/2005. Badan Penelitiandan Pengembangan Pertanian.
- Grundon, N.J, D.G. Edwards, P.N. Takkar, C.J. Asher, and R.B. Clark. 1987. Nutritional disorders of grain sorghum. Australian Centre for International Agricultural Research. 96p.
- Makarim, A.K., I.N. Widiarta, S. Hendarsih, dan S. Abdurachman. 2003. Panduan teknis pengelolaan hara dan pengendalian hama penyakit tanaman padi secara terpadu. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. 37p.
- Mask, P.L.,A. Hagan, and C.C. Mitchell. 1988. Production guide for grain sorghum.www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR.
- Kansas State University. 2013. Soil test interpretation and fertilizer recommendation. 20p.

- Sierra, J., H.O. Laontainem, L. Dufourn, A.V. Meunier, R. Bonhomme, and C. Walker. 2005. Nutrient and assimilate partitioning in two tropical maize cultivars in relation to their tolerance to soil acidity. Article in Press. *Field Crops*.
- Vanderlip, R.L. 1993. How a sorghum plant develops. Kansas State University. p. 12-14.
- Witt, C. 2005. The development of site-specific nutrient management for maize in Asia. Makalah pada seminar dan lokakarya pengelolaan hara spesifik lokasi untuk tanaman jagung. Medan.

Budi Daya Tanaman Sorgum

Fahdiana Tabri dan Zubachtirodin
Balai Penelitian Tanaman Sereal

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan salah satu tanaman pangan lahan kering yang potensial dikembangkan di Indonesia. Sorgum dapat digunakan sebagai pangan, pakan, dan bioenergi (bioetanol), mampu beradaptasi pada lahan marginal dan membutuhkan air relatif lebih sedikit karena lebih toleran terhadap kekeringan dibanding tanaman pangan lain (Deptan 1990).

Biji sorgum mempunyai kualitas nutrisi sebanding dengan jagung dan beras, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi, namun kandungan lemaknya lebih rendah. Oleh karena itu, sorgum dimanfaatkan sebagai penyangga pangan penduduk di lebih 30 negara. Selain sebagai bahan pangan, biji sorgum juga digunakan sebagai bahan baku industri pangan seperti gula, *monosodium glutamate*, asam amino, minuman, dan hijauannya digunakan sebagai pakan ternak. Bahkan saat ini sorgum juga digunakan sebagai bahan baku energi, terutama sorgum manis. Di Amerika Serikat umumnya sorgum ditanam untuk pakan ternak (University of Arkansas 1998).

Tanaman sorgum telah lama dikenal di Indonesia dan dengan penyebutan berbeda untuk setiap daerah. Selama ini pengembangan sorgum kurang mendapat perhatian oleh pemerintah sehingga sudah jarang ditemui di lahan petani. Bahkan dalam data statistik di tingkat daerah maupun pusat, komoditas sorgum sudah tidak dijumpai karena keberadaan tanaman ini sudah mulai langka di lapangan. Pemanfaatan biji sorgum di masyarakat masih sebatas untuk pangan olahan tradisional. Namun dengan adanya program diversifikasi pangan dari Kementerian Pertanian, pengembangan sorgum diharapkan mendapat perhatian yang lebih baik, karena komoditas ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan berbagai produk pangan olahan maupun pakan dan bahan baku industri (Deptan 2004).

Ketahanan pangan nasional sangat riskan jika hanya mengandalkan komoditas beras. Oleh karena itu, upaya pengembangan pangan alternatif berbasis umbi-umbian dan biji-bijian selain beras menjadi sangat penting. Salah satu komoditas biji-bijian yang potensial sebagai sumber karbohidrat adalah sorgum.

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN SORGUM

Fase pertumbuhan tanaman sorgum dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu fase vegetatif, pembentukan malai, dan reproduksi. Lama setiap fase bergantung pada umur varietas dan temperatur selama musim tanam (khusus untuk wilayah yang mempunyai empat musim).

Fase Vegetatif

Fase vegetatif merupakan fase pembentukan dan perkembangan daun yang kemudian berfungsi mendukung pembentukan biji. Lamanya fase vegetatif bergantung pada umur varietas yang ditanam. Varietas yang berumur dalam mempunyai jumlah daun yang lebih banyak dibanding varietas berumur sedang maupun genjah. Varietas berumur genjah umumnya membentuk daun sampai 15 helai, sedangkan varietas berumur sedang sekitar 17 helai, dan varietas berumur dalam sampai 19 helai. Pada fase ini, tanaman biasanya toleran terhadap kekeringan, kelebihan air, dan temperatur rendah. Kondisi yang cerah selama fase ini dapat merangsang pembentukan anakan pada saat tanaman telah membentuk 4-6 helai daun. Selain itu, jumlah tanaman per lubang yang kurang dari tiga dapat merangsang pembentukan anakan. Anakan biasanya lambat berbunga dan malai yang terbentuk lebih kecil dibanding tanaman induknya. Anakan yang terbentuk dapat digunakan sebagai kompensasi dari populasi tanaman yang kurang.

Tanaman sorgum mempunyai biji yang kecil dan pada awal pertumbuhannya sangat lambat dibanding jagung atau kedelai. Pertumbuhan lambat ini terjadi sampai tinggi tanaman mencapai sekitar 20 cm, atau setelah perakarannya mampu mengambil hara lebih banyak dan cepat. Pada varietas berumur sedang (+ 90 hari setelah tumbuh), hal ini terjadi pada 30-35 hari setelah tumbuh, yang merupakan periode kritis karena perkembangan tanaman mulai berubah dari fase vegetatif ke fase pembentukan malai, dan saat itu merupakan akhir pembentukan jumlah daun.

Fase Pembentukan Malai

Fase ini dimulai pada awal pembentukan malai sampai pembungaan. Fase pertumbuhan ini merupakan periode pembentukan struktur reproduksi dari malai dan jumlah biji maksimum per malai. Selama periode ini tanaman umumnya peka terhadap cekaman suhu ekstrim, kekurangan unsur hara, kekurangan atau kelebihan air, semuanya dapat menyebabkan menurunnya jumlah biji potensial. Jika hal ini terjadi maka hasil biji yang diperoleh hanya sekitar 70% dari jumlah biji per malai. Selama fase ini tanaman

membutuhkan air yang cukup, oleh karena itu perlu dilakukan penyiraman karena dapat mempengaruhi jumlah biji potensial.

Tanaman akan tumbuh dengan cepat sampai fase pembungaan dan akan membentuk daun yang lebih lebar untuk mendukung proses pengisian biji. Selama proses pertumbuhan cepat ini calon malai dan tangkai malai akan berkembang cepat. Dalam proses ini tangkai malai menekan calon malai masuk ke dalam calon daun bendera, dan disebut sebagai “boot stage”. Pada saat itu semua daun sudah berkembang penuh untuk mendukung penerimaan cahaya matahari secara maksimal, dan perkembangan malai yang terbungkus daun bendera sudah hampir maksimal. Selanjutnya tangkai menopang malai tumbuh cepat dan mendorong malai keluar dari daun bendera sehingga terjadi pembungaan dan penyerbukan. Pada saat pembungaan ini sering terjadi malai tidak keluar sempurna dari daun bendera sehingga proses penyerbukan menjadi tidak sempurna. Hal ini disebabkan saat “boot stage” tanaman mengalami kekurangan air. Fase awal pembentukan calon malai sampai pembungaan merupakan proses pengambilan hara dan pertumbuhan yang cepat.

Fase Reproduksi

Fase akhir dari pertumbuhan tanaman sorgum adalah dari saat pembungaan sampai biji masak fisiologis, dan selama fase ini yang penting adalah saat pengisian biji. Mulainya pembungaan yaitu ketika ujung malai sudah mulai berwarna kuning atau 5-7 hari setelah keluar malai. Proses pembungaan ini berlangsung selama 4-9 hari yang dimulai dari bagian ujung malai sampai ke bagian terbawah malai. Tanaman dinyatakan berbunga jika proses pembungaan telah mencapai setengah bagian dari malai, atau tanaman berumur 60 – 75 hari setelah tumbuh. Masa kritis kekurangan air biasanya mulai sekitar 1 minggu sebelum “boot stage” dan berlanjut sampai 2 minggu setelah pembungaan. Selama pengisian biji, asimilat hasil fotosintesis diangkut ke biji. Asimilat yang tersimpan dalam batang juga dipindahkan ke biji, dan yang tetap tersimpan dalam batang hanya sekitar sepertiganya. Jika terjadi kekeringan maka pengangkutan asimilat akan terhambat dan pertumbuhan tanaman menjadi lambat.

Akhir dari periode pengisian biji ini ditandai oleh semakin lambatnya penambahan bobot biji. Masak biji secara fisiologis bukan berarti biji sudah siap untuk dipanen. Pada saat masak fisiologis biasanya kadar air biji berkisar antara 25-45%, dan untuk dapat dipanen dan disimpan dengan baik masih diperlukan pengeringan. Biji sorgum dapat dipanen setiap saat setelah masak fisiologis, dan jika kadar air biji masih tinggi dapat dikeringkan menggunakan alat pengering.

PERSYARATAN TUMBUH

Tanaman sorgum termasuk tanaman semusim yang mudah dibudidayakan dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman ini dapat berproduksi walaupun diusahakan di lahan yang kurang subur, ketersediaan air terbatas, dan masukan (input) yang rendah. Kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman sorgum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria kesesuaian lahan untuk sorgum.

Penciri lahan yang dikelompokkan berdasarkan kualitas	Kelas kesesuaian lahan			
	Sangat sesuai (S1)	Sesuai (S2)	Kurang sesuai (S3)	Tidak sesuai (S4)
Suhu				
- Rata-rata suhu tahunan (°C)	27-32	33-37 26-18	38-40 17-15	>40 <15
Ketersediaan air				
- Bulan-bulan kering (< 75 mm)	4-8	8,1-8,5 4,1-2,5	8,6-9,5 2,4-1,5	>9,5 <1,5
- Rata-rata curah hujan tahunan (mm)	600-1500	1500-2000 600-400	2000-4000 400-250	>4000 <250
Perakaran				
- Kelas drainase tanah	agak baik, baik	agak berlebihan	jelek, agak jelek	sangat jelek, berlebihan
- Tekstur tanah (permukaan)	lempung, liat-berpasir, lempung berdebu, debu, lempung berliat, lempung-liat berdebu	lempung berpasir, liat berpasir	pasir berlempung, liat berdebu, liat (berstruktur)	berkerikil, liat (masiv)-berpasir, liat
- Kedalaman perakaran	>66	40-59	20-39	<20
Daya serap hara				
- KTK me/100 g tanah	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
- pH lapisan bawah	6,0-7,5	7,6-8,0	8,1-9,0	>9,0
- pH lapisan atas	5,9-5,5	5,4-5,0	<5,0	
Ketersediaan unsur hara				
- Total N (lapisan permukaan)	>sedang	rendah	sangat rendah	sangat rendah
- P ₂ O ₅ (lapisan permukaan)	>tinggi	sedang	rendah	sangat rendah
- K ₂ O (lapisan permukaan)	>rendah	sangat rendah		
Keracunan				
- Salinitas mmhos/cm	<4	4,0-6,5	6,5-12,5	>12,5
Lereng				
- Kemiringan (%)	0,5	5-15	1-20	>20
- Permukaan yang berbatu	0	1		>2
- Singkapan	0	1		>2

Sumber: Aneka Beti *et al.* (1990).

Tanah

Sorgum dapat tumbuh pada hampir semua jenis tanah, kecuali pada tanah Podzolik Merah Kuning yang masam, dan mempunyai kemampuan adaptasi yang luas. Tanaman sorgum mempunyai sistem perakaran yang menyebar dan lebih toleran dibanding tanaman jagung yang ditanam pada tanah berlapisan keras dangkal. Walaupun demikian, tanaman sorgum tidak dapat menggantikan tanaman jagung pada kondisi tanah tersebut karena akan hasilnya rendah juga. Tanah yang sesuai untuk tanaman jagung atau tanaman lainnya, juga sesuai untuk sorgum dan akan tinggi hasilnya. Sorgum yang lebih toleran kekurangan air dibandingkan jagung mempunyai peluang untuk dikembangkan di lahan yang diberakan pada musim kemarau. Tanah Vertisol (Grumusol), Aluvial, Andosol, Regosol, dan Mediteran umumnya sesuai untuk sorgum. Sorgum memungkinkan ditanam pada daerah dengan tingkat kesuburan rendah sampai tinggi, asal solum agak dalam (lebih dari 15 cm). Tanaman sorgum beradaptasi dengan baik pada tanah dengan pH 6,0-7,5.

Iklim

Daerah yang mempunyai curah hujan dan kelembaban udara rendah sesuai untuk tanaman sorgum. Curah hujan 50-100 mm per bulan pada 2,0-2,5 bulan sejak tanam, diikuti dengan periode kering, merupakan curah hujan yang ideal untuk keberhasilan produksi sorgum. Walaupun demikian, tanaman sorgum dapat tumbuh dan menghasilkan dengan baik pada daerah yang curah hujannya tinggi selama fase pertumbuhan hingga panen. Tanaman sorgum pada musim kemarau memerlukan pengairan sampai empat kali, bergantung pada jenis tanah dan residu air tanah. Pati, Jawa Tengah, sorgum diusahakan hanya dengan memanfaatkan residu air tanaman padi, tanpa penambahan pengairan. Di Bojonegoro dan Lamongan, Jawa Timur), sorgum dibudidayakan dengan memanfaatkan residu air rawa yang telah mengering. Untuk memperoleh hasil 5 t/ha dengan menggunakan varietas unggul yang respon terhadap pemupukan, sorgum memerlukan pengairan empat kali.

Suhu dan Tinggi Tempat

Sorgum lebih sesuai ditanam di daerah yang bersuhu panas, lebih dari 20°C dan udaranya kering. Oleh karena itu, daerah adaptasi terbaik bagi sorgum adalah dataran rendah, dengan ketinggian antara 1-500 m dpl. Daerah yang selalu berkabut dan intensitas radiasi matahari yang rendah tidak menguntungkan bagi tanaman sorgum. Pada ketinggian lebih 500 m dpl, umur panen sorgum menjadi lebih panjang.

TEKNIK BUDI DAYA

Sorgum dibudidayakan melalui biji (benih) dan juga dapat diperbanyak dengan stek batang, namun harus terlebih dahulu memunculkan primordia akar pada buku-buku batang. Tanaman sorgum dapat diratun dan akan dapat menghasilkan biji jika dipelihara dengan baik, bahkan ratun dapat dilakukan lebih dari satu kali.

Budi daya tanaman sorgum meliputi pemilihan varietas, penyiapan benih, waktu tanam, penyiapan lahan, penanaman, pemupukan, pemeliharaan, pengendalian hama penyakit, dan penanganan hasil panen. Semua aspek tersebut harus mendapat perhatian untuk mendapatkan hasil maksimal.

Varietas

Varietas sorgum sangat beragam, baik dari segi daya hasil, umur panen, dan warna biji) maupun rasa dan kualitas bijinya. Umur panen sorgum berkisar dari genjah (kurang dari 80 hari), sedang (80 – 100 hari), dan dalam (lebih 100 hari). Tinggi batang sorgum tergantung varietas berkisar dari pendek (< 100 cm), sedang (100 – 150 cm), dan tinggi (> 150 cm). Tinggi tanaman varietas lokal mencapai 300 cm.

Varietas unggul umumnya berumur genjah, tinggi batang sedang, biji putih, dan rasa nasi cukup enak. Varietas unggul sorgum yang dianjurkan untuk ditanam disajikan pada Tabel 2.

Varietas sorgum yang akan ditanam perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan. Apabila hasil biji sorgum digunakan untuk konsumsi dipilih varietas dengan rasa enak. Varietas lokal pada umumnya memiliki rasa yang enak dan dapat dijadikan berbagai makanan olahan. Apabila penanaman sorgum bertujuan untuk pakan ternak dan ditanam secara monokultur dapat digunakan varietas unggul nasional. Di daerah yang ketersediaan airnya terbatas penggunaan varietas yang berumur genjah lebih menguntungkan. Apabila menghendaki hasil yang tinggi dengan pemberian

Tabel 2. Deskripsi beberapa varietas unggul sorgum.

Nama varietas	Tahun dilepas	Hasil biji (t/ha)	Umur (hari)	Bobot 1000 biji (g)	Warna biji
Sangkur	1991	3,6-4,0	82-96	25-35	coklat muda
Mandau	1991	4,5-5,0	91	25-30	coklat muda
Numbu	2001	4,0-5,0	100-105	36-37	krem
Kawali	2001	4,0-5,0	100-110	30	krem

Sumber: Balitsereal (2009).

pupuk yang cukup dapat digunakan varietas unggul. Untuk menghasilkan etanol dianjurkan penggunaan varietas yang mempunyai rasa batang manis.

Penyiapan Benih

Kebutuhan benih sorgum untuk satu hektar lahan berkisar antara 10-15 kg, bergantung pada varietas yang akan ditanam, ukuran benih, jarak tanam, dan sistem tanam. Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik, vigor kecambah benih yang digunakan $\geq 90\%$. Beberapa varietas memiliki masa dormansi benih satu bulan pertama setelah panen. Benih sorgum dapat dipertahankan kemampuan tumbuhnya selama periode tertentu asal disimpan dengan baik dalam kemasan yang dapat mempertahankan kadar airnya $+10\%$ dan disimpan pada ruangan yang bersuhu $10-16^{\circ}\text{C}$.

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, penanaman sorgum dapat dilakukan dengan menggunakan bibit. Penyemaian benih dilakukan 15-20 hari sebelum tanam. Cara pembuatan persemaian bibit sorgum hampir sama dengan persemaian padi. Bedanya, persemaian sorgum tidak digenangi air. Untuk mempermudah pencabutan bibit, tanah persemaian harus gembur dan untuk satu hektar pertanaman sorgum diperlukan 50 m^2 lahan persemaian.

Waktu Tanam

Sorgum dapat ditanam sepanjang tahun, baik pada musim hujan maupun musim kemarau asal tanaman muda tidak tergenang atau kekeringan. Di lahan kering, sorgum dapat ditanam pada awal atau akhir musim hujan secara monokultur setelah panen palawija. Jika ditanam pada musim kemarau, sorgum dapat ditanam setelah panen padi kedua atau setelah palawija di lahan sawah. Pertanaman musim kemarau umumnya memberi hasil lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini antara lain disebabkan oleh hama burung, selain proses pengisian biji kurang sempurna karena ketersediaan air terbatas.

Penyiapan Lahan

Lahan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya atau gulma tanaman perdu yang dapat mengganggu pengolahan tanah. Pengolahan tanah dimaksudkan untuk menggemburkan tanah, meningkatkan aerasi tanah dan mengendalikan gulma.

Pada lahan yang tingkat ketersediaan airnya cukup atau beririgasi, pengolahan tanah dapat dilakukan secara optimum, yaitu dibajak dua kali dan digaru satu kali. Setelah tanah diratakan, dibuat beberapa saluran drainase, baik di tengah maupun di pinggir lahan. Untuk lahan yang

mengandalkan residu air tanah, pengolahan hanya dilakukan secara sederhana dengan mencangkul permukaan tanah untuk mematikan gulma. Pengolahan tanah sederhana efektif menghambat penguapan air tanah.

Penanaman

Pada areal yang telah disiapkan sebelumnya dibuatkan lubang tanam dengan jarak tanam yang disesuaikan dengan varietas yang digunakan (60 cm-75 cm) x 20 cm, ketersediaan air, dan tingkat kesuburan tanah. Pada lahan yang kurang subur dan kandungan air tanah rendah sebaiknya menggunakan jarak tanam lebih lebar atau populasi tanam dikurangi dari populasi baku (sekitar 125.000 tanaman/ha). Untuk mengurangi penguapan air tanah, jarak tanam antarbaris dapat dipersempit tetapi jarak dalam baris diperlebar. Penanaman dapat dilakukan dengan cara ditugal. Pembuatan lubang tanam menggunakan alat tugal mengikuti arah yang telah ditentukan sesuai dengan jarak tanam yang diinginkan.

Kedalaman lubang tanam tidak lebih dari 5 cm. Setiap lubang tanam diisi 3-4 benih, kemudian ditutup dengan tanah ringan atau pupuk organik. Penutupan lubang tanam dengan bongkahan tanah atau tanah berat menyebabkan benih sulit berkecambah dan menembus permukaan tanah. Penutupan lubang tanam dengan pupuk organik atau abu atau tanah ringan memudahkan benih tumbuh, 5 hari setelah tanam. Pada umur 2-3 minggu setelah tanam dapat dilakukan penjarangan tanaman dengan meninggalkan dua tanaman/rumpun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai batas tertentu peningkatan populasi tanaman dapat meningkatkan hasil varietas yang mempunyai tinggi batang sedang (Tabel 3).

Pemupukan

Secara tradisional sorgum umumnya ditanam di lahan kering dengan tingkat kesuburan tanah rendah, sehingga hasil rendah. Sorgum dengan sistem perakaran menyebar berpotensi meningkatkan penyerapan hara dan air dari dalam tanah. Pada kondisi lingkungan terbatas, sorgum dapat tumbuh dengan baik dibandingkan tanaman pangan lainnya, namun hasilnya akan tinggi pada kondisi air dan hara yang optimal.

Tanaman sorgum tumbuh baik pada tanah dengan pH 6-7,5. Pada tanah dengan pH <5,5 ketersediaan Al dan Mn dapat bersifat racun bagi tanaman, sedangkan P dan Mg mengalami defisiensi. Ketersediaan hara mikro menjadi pembatas jika pH tanah >7,5 namun gejala defisiensi jarang terjadi pada tanaman sorgum. Pada tanah yang kekurangan hara mikro, hasil sorgum rendah. Hara makro adalah nitrogen, fosfor, dan kalium, sedangkan hara mikro adalah besi, seng, magnesium, boron, tembaga, molibdenum, klor, dan timah.

Tabel 3. Pengaruh populasi tanaman terhadap hasil sorgum.

Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		MH	MK	
Tanah Aluvial Lamongan				
125.000	75 x 20	1,88	5,09	
175.000	75 x 15	2,19	4,96	
225.000	75 x 12	2,03	5,14	
Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		UPCA S2	KD 4	No. 6C
Tanah Mediteran-Vulkanik Probolinggo				
132.000	100 x 15	2,33	2,10	2,18
175.000	75 x 15	3,44	3,25	3,81
264.000	50 x 15	3,95	3,97	4,22
Populasi (tan/ha)	Jarak tanam (cm ²)	Hasil biji (t/ha)		
		Panen I	Panen II	Panen III
Tanah Regosol-Vulkanik Banyuwangi (ratun)				
74.000	75 x 35,5	3,38	1,63	1,68
100.000	75 x 26,5	3,39	2,23	2,25
126.000	75 x 21	3,68	2,35	2,34
151.000	75 x 17,5	3,93	2,55	2,56

Sumber: Aneka Beti *et al.* (1990)

Nitrogen merupakan salah satu hara pembatas pertumbuhan tanaman yang ketersediaannya terbatas hampir di semua lahan pertanian di Indonesia. Beragamnya jenis tanah dan tingkat ketersediaan hara dalam tanah menjadikan rekomendasi pemupukan disesuaikan dengan kondisi setempat. Hasil penelitian di Arkansa, Amerika Serikat menunjukkan hampir 50% N yang diberikan dialokasikan untuk pembentukan biji, 67% untuk P, dan 17% untuk K. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa serapan N tanaman sorgum tidak banyak selama 20 hari pertama, namun sampai tanaman berumur 60 hari penyerapan N mendekati 60% dari total N yang diberikan. Oleh karena itu, pemberian pupuk N dianjurkan pada saat tanam sebanyak 1/3-1/2 takaran dan sisanya diberikan pada saat tanaman berumur sekitar 30 hari (University of Arkansas 1998).

Penggunaan pupuk perlu memperhatikan waktu dan cara pemberian, jenis dan takaran pupuk. Aspek tersebut tidak dapat disamakan di semua lokasi, karena tanah di masing-masing lokasi mempunyai sifat yang berbeda. Tanaman sorgum tanggap terhadap pupuk nitrogen. Takaran pupuk N

bergantung pada tingkat kesuburan tanah dan varietas yang digunakan. Varietas unggul lebih tanggap terhadap pupuk N dibanding varietas lokal. Hasil pengujian di tanah Aluvial Bojonegoro menunjukkan bahwa takaran pupuk N optimum untuk sorgum adalah 90 kg N/ha. Pada lahan kering, penggunaan pupuk N tidak lebih dari 100 kg/ha, sedangkan pada lahan cukup air dapat mencapai 135 kg/ha.

Pupuk N diberikan satu kali pada umur 10 hari setelah tanam atau dua kali, 1/3 takaran pada saat tanam dan 2/3 takaran 3-4 minggu setelah tanam atau bersamaan dengan pembumbunan. Pupuk diberikan di samping tanaman dengan cara tugal kemudian ditutup untuk mengatasi kehilangan pupuk N.

Pupuk P dapat meningkatkan hasil sorgum. Pada tanah Aluvial Bojonegoro, pemberian pupuk P sampai takaran 50 kg P_2O_5 /ha meningkatkan hasil 20%. Pada tanah Mediteran Madura, pemberian pupuk P sebanyak 60 kg P_2O_5 /ha meningkatkan hasil 56% di lahan tadah hujan dan 67% di lahan tegalan (Aneka Beti *et al.* 1990).

Pada tanah Vulkanik dan Mediteran-Vulkanik, pemberian pupuk P dan K tidak meningkatkan hasil. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian di tanah Mediteran-Vulkanik Probolinggo dan Vulkanik Banyuwangi (Tabel 4). Di Blitar Selatan, walaupun kandungan P dalam tanah rendah sampai sedang, namun pemberian pupuk P tidak meningkatkan hasil (Tabel 5).

Tabel 4. Pengaruh pupuk N, P, dan K terhadap hasil sorgum UPCA S2 pada tanah Vulkanik Banyuwangi.

N	Takaran pupuk (kg/ha)		Hasil biji (t/ha)
	P_2O_5	K_2O	
0	0	0	1,93
45	0	0	1,37
90	0	0	4,21
90	0	0	4,21
90	30	0	3,98
135	0	0	4,99
135	30	0	4,79
90	0	0	4,21
90	0	30	4,21
135	0	0	4,99
135	0	30	4,79
90	30	0	3,98
90	30	30	4,13

Sumber: Aneka Beti *et al.* (1990)

Tabel 5. Pengaruh pupuk N dan P terhadap hasil sorgum varietas UPCA S pada tanah Mediteran di Blitar Selatan.

Takaran N (kg/ha)	Hasil biji (t/ha)			
	0 kg P ₂ O ₅ /ha	25 kg P ₂ O ₅ /ha	50 kg P ₂ O ₅ /ha	Rata-rata
0	1,27	2,13	1,66	1,69
45	3,45	3,10	3,37	3,30
90	3,79	3,66	3,57	3,67
135	3,77	3,88	4,27	3,97
180	5,36	5,11	4,43	4,97

Sumber: Aneka Beti *et al.* (1990)

Pemeliharaan

Selama pemeliharaan tanaman kegiatan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemberian air, dilakukan jika tanaman kekurangan air. Sebaliknya, kelebihan air justru harus segera dibuang melalui saluran drainase. Sorgum termasuk tanaman yang toleran kekeringan, namun pada periode tertentu memerlukan air dalam jumlah yang cukup, yaitu pada saat tanaman berdaun empat (pertumbuhan awal) dan periode pengisian biji sampai biji mulai mengeras.
2. Penyiangan gulma. Kompetisi tanaman sorgum dengan gulma dapat menurunkan hasil dan kualitas biji, terutama pada awal musim hujan. Bahkan keberadaan gulma dapat menurunkan hasil sorgum secara nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil sorgum turun 10% jika penyiangan gulma tidak dilakukan sampai tanaman sorgum berdaun tiga helai, bahkan dapat menurunkan hasil lebih 20% jika tidak dilakukan penyiangan gulma selama 2 minggu pertama pertumbuhan. Pada pertanaman musim kemarau, kompetisi gulma menurunkan efisiensi dan hasil sorgum. Pengendalian gulma dapat menggunakan herbisida 2,4-D atau herbisida pratumboh. Penyiangan gulma umumnya bersamaan dengan saat penjarangan tanaman atau bergantung pada pertumbuhan gulma. Penyiangan dapat dilakukan secara manual menggunakan sabit atau cangkul, dua kali selama pertumbuhan tanaman. Penyiangan kedua bergantung pada keadaan gulma di lapangan.
3. Pembumbunan, dilakukan bersamaan dengan pemupukan kedua (3-4 minggu setelah tanam) atau sebelumnya. Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah di sekitar batang tanaman, kemudian menimbunkan tanah pada pangkal batang untuk merangsang pertumbuhan akar dan memperkokoh tanaman agar tidak mudah rebah.

Tabel 6. Hasil biji sorgum yang ditanam setelah padi sawah di Lamongan dan Bojonegoro, MK 1993.

Perlakuan	Hasil biji kering (t/ha)	
	Lamongan	Bojonegoro
Teknologi petani + var Cempaka Putih	1,10	2,80
Teknologi petani + var. UPCA S-1	1,23	3,92
Teknologi introduksi + var Cempaka Putih	1,34	6,81
Teknologi introduksi + tanpa PK	2,04	7,92
Teknologi introduksi	2,06	8,10
BNT 5%	0,48	0,88

Keterangan: Tanam sorgum di Lamongan dan Bojonegoro masing-masing 10 hari dan 2 hari setelah panen padi sawah.

Teknologi Petani: Olah tanah ringan, varietas unggul lama (Cempaka Putih), tanam benih 5-10 biji per lubang dengan jarak tanam 75 x 25 cm, pemupukan N 50-150 kg urea tanpa pupuk P dan K, pengendalian hama dan penyakit minimal, dan penyiangan cara petani. Teknologi introduksi: Olah tanah minimal (*minimum tillage*), varietas unggul baru UPCA S-1, jarak tanam 75 x 25 cm dua biji per lubang dan populasi dipertahankan 100.000 tan/ha, pemupukan NPK (200 kg urea+100 kg TSP+100 kg KCl) dan pemupukan N (200 kg urea) tanpa pupuk P dan K, pengendalian hama dengan Furadan, dan penyiangan 2x pada umur 20 dan 40 hari).

Sumber: Ismail dan Ispandi (1993).

4. Pengendalian hama dan penyakit, dilakukan jika tanaman menunjukkan gejala-gejala serangan. Cara dan waktu pengendalian bergantung pada jenis hama dan penyakit yang menyerang.

Penelitian Ismail dan Aspandi (1993) di Bojonegoro dan Lamongan, Jawa Timur, menunjukkan bahwa penanaman sorgum segera setelah panen padi di lahan sawah berpengaruh terhadap hasil. Hal ini tampaknya berkaitan dengan ketersediaan air. Di Lamongan, tanam sorgum 10 hari setelah panen padi hanya mampu memberikan hasil 2,1 t/ha. Di Bojonegoro, dengan tanam sorgum dua hari setelah panen padi memberikan hasil 8,1 t/ha (Tabel 6).

Panen

Tanaman sorgum sudah dapat dipanen pada umur 3-4 bulan setelah tanam, bergantung pada varietas yang ditanam. Saat panen dapat ditentukan berdasarkan umur tanaman setelah biji terbentuk atau melihat ciri-ciri visual biji atau setelah lewat masak fisiologis. Panen juga dapat dilakukan setelah daun berwarna kuning dan mengering, biji bernas dan keras dengan kadar tepung maksimal. Terlambat panen menurunkan kualitas biji dan biji mulai berkecambah jika kelembaban udara cukup tinggi. Panen sebaiknya dilakukan pada keadaan cuaca cerah. Cara panen yang baik adalah memotong tangkai malai sepanjang 15-20 cm dari pangkal malai. Selanjutnya malai dijemur di bawah sinar matahari dan dirontok.

PUSTAKA

- Aneka Beti Y., A. Ispandi, dan Sudaryono. 1990. Sorgum. Monograf Balittan Malang No.5. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.
- Anonim. 2013. Budi daya Sorgum sebagai sumber pangan, pakan ternak, bahan baku industri untuk masa depan Indonesia. www.budidayasorgum.com.
- Anonim. 2013. Budi daya tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor*). www.anakagrnommy.com.
- Balitsereal. 2009. Deskripsi varietas jagung, sorgum dan gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Badan Litbang Pertanian.
- Deptan. 1990. Teknologi budidaya sorgum. Departemen Pertanian. Balai Informasi Pertanian Provinsi Irian Jaya. www.pustaka.litbang.deptan.go.id
- Deptan. 2004. Program pengembangan tanaman sorgum. Makalah Sosialisasi Pengembangan Agribisnis Sorgum dan Hermada. Jakarta, 10-11 Okt.
- ICRISAT. 2013. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. www.icrisat.org.
- Ismail, C. dan A. Ispandi. 1996. Perakitan paket teknologi budi daya sorgum pada lahan marginal di Jawa Timur. Dalam Sudaryono, A. Sumantri, A. Saleh, J. A. Beti, dan A. Winarto (Eds.) Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agro-industri. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Sudaryono. 1996. Prospek sorgum di Indonesia: potensi, peluang dan tantangan pengembangan agribisnis. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri, 17-18 Januari 1995. Edisi Khusus Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian 4:25-38.
- Suwondo, B.I. 2011. Budi daya sorgum merah berbatang manis sebagai bahan pangan, pakan, dan energi. Sarottama Dharma Kalpariksa. www.sarottamagroups.com
- Toure, A. dan E. Weltzien. 2004. Guinea sorghum hybrids: Bringing the benefits of hybrid technology to a staple crop of sub-Saharan Africa. IER-ICRISAT.
- University of Arkansas. 1998. Grain sorghum production handbook. Guidelines and recommendations are based upon research. The Arkansas Corn and Grain Sorghum Promotion Board.

Pengelolaan Air Tanaman Sorgum

Muhammad Aqil dan Bunyamin Z
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum merupakan tanaman pangan yang adaptif dan sesuai dikembangkan di wilayah tropis. Sebagai tanaman golongan C4, sorgum adalah tanaman yang efisien dalam menghasilkan produk fotosintesis yang tinggi. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman sorgum berkisar antara 21-35°C, sedangkan kisaran suhu tanah minimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhan adalah 15-18°C. Secara agronomis, sorgum mempunyai kelebihan, di antaranya toleransi terhadap kekeringan, kadar garam tinggi, dan daya adaptasi yang luas (Dajue and Guangwei 2000). Mudjishono dan Suprpto (1987) melaporkan bahwa tanaman sorgum menunjukkan ketahanan tumbuh yang lebih baik dibanding tanaman serealia lain, khususnya pada lahan kering beriklim kering, dan tanaman dapat dipanen beberapa kali (ratun).

Potensi lahan untuk pengembangan sorgum di Indonesia cukup besar, khususnya pada lahan tadah hujan atau lahan kering dengan curah hujan terbatas. Potensi lahan kering di Indonesia cukup luas (Balai Penelitian Tanah dan Agroklimat 1998) apabila pemerintah dapat membuka lahan tidur menjadi lahan pertanian. Pada wilayah tersebut sorgum dapat tumbuh baik bila penanaman disesuaikan dengan ketersediaan kelembaban tanah.

Kebutuhan air tanaman sorgum untuk dapat berproduksi optimal adalah 400-450 mm, lebih rendah dibandingkan dengan jagung yang membutuhkan air 500-600 mm selama pertumbuhannya (FAO 2001). Sorgum hibrida memerlukan air 450 mm untuk dapat memberi hasil optimal. Pertanaman ratun sorgum hanya memerlukan air 250-300 mm. Ketepatan ketersediaan air pada stadia pertumbuhan berpengaruh terhadap produksi sorgum. Hasil optimal akan tercapai apabila kebutuhan air tanaman tercukupi pada fase vegetatif awal, pembungaan, dan pengisian malai. Oleh karena itu diperlukan teknologi pengelolaan air yang tepat sesuai kebutuhan tanaman.

Pengelolaan air perlu disesuaikan dengan sumber daya tanah, iklim, sumber air, dan biologi dengan memanfaatkan teknologi dari berbagai disiplin ilmu untuk menyediakan air ke perakaran tanaman sehingga mampu berproduksi optimal (Nobe and Sampath 1986). Sasaran dari pengelolaan air adalah tercapainya empat tujuan pokok, yaitu: (1) efisiensi penggunaan

air dan produksi tanaman yang tinggi, (2) efisiensi biaya penggunaan air, (3) pemerataan penggunaan air, dan (4) keberlanjutan sistem penggunaan sumber daya air. Dalam hubungannya dengan pengelolaan air untuk tanaman sorgum yang banyak dibudidayakan di lahan kering dan tadah hujan, tulisan ini membahas aspek pengelolaan air untuk tanaman sorgum.

KARAKTERISTIK HUJAN UNTUK PERTANAMAN SORGUM

Hujan merupakan sumber air utama bagi tanaman. Rata-rata curah hujan di Indonesia setiap tahun berkisar antara 2.000-3.000 mm. Distribusi luas lahan di Indonesia berdasarkan jumlah curah hujan tahunan disajikan pada Tabel 1.

Wilayah Nusa Tenggara dan Sulawesi (lembah Palu dan Luwuk) mendapatkan hujan tahunan rata-rata kurang dari 1.000 mm meliputi area sekitar 1% dari luas wilayah Indonesia. Daerah yang mendapat curah hujan 1000-2000 mm per tahun di antaranya sebagian Nusa Tenggara, daerah sempit di Merauke, Kepulauan Aru. Sumatera Bagian Timur, Kalimantan Selatan dan Timur, sebagian besar Jawa Barat dan Jawa Tengah, sebagian Papua. Kepulauan Maluku dan sebagian besar Sulawesi mendapatkan hujan tahunan 2.000-3.000 mm. Berdasarkan potensi hujan maka apabila dikelola secara efisien mampu memenuhi kebutuhan air tanaman sepanjang tahun. Bahkan pada daerah dengan hujan <1000 mm seperti NTT dan Palu masih mampu memenuhi kebutuhan air bagi pertanaman sorgum melalui penerapan teknologi hemat air dan irigasi lahan kering.

Tabel 1. Distribusi luas lahan di Indonesia berdasarkan curah hujan tahunan.

Pulau	Curah hujan tahunan (mm)				
	> 5.000	3.500-5.000	2.000-3.500	1.000-2.000	<1.000
	% luas lahan				
Sumatera	0,8	21,5	71,5	6,2	-
Jawa	1,9	12,6	56,0	29,5	-
Bali, NTB, NTT	-	2,1	16,3	69,6	12,0
Kalimantan	-	29,0	66,3	4,7	-
Sulawesi	-	23,0	66,1	30,9	0,8
Maluku	-	1,7	71,9	26,4	-
Irian Jaya	10,3	33,7	40,3	15,7	-
Total (luas Indonesia)	2,6	20,5	59,7	16,2	1,0

Sumber: BMG dalam Subagyo et al. (2004)

Berdasarkan jumlah dan distribusi hujan, lahan kering dibagi menjadi lahan kering beriklim basah dan lahan kering beriklim kering. Lahan kering iklim basah (LKIB) memiliki 6-7 bulan basah (hujan > 200 mm/bulan) dan 3-4 bulan kering (hujan < 100 mm/bulan). Lahan kering iklim kering (LKIK) memiliki 7-9 bulan kering dan 3-4 bulan basah. Pembagian agroekosistem berdasarkan ketinggian tempat dari permukaan laut, adalah: Lahan kering dataran tinggi (LKDT) dengan ketinggian di atas 700 m dpl, dan lahan kering dataran rendah (LKDR) dengan ketinggian antara 0-700 m dpl. Lahan kering beriklim basah tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, Sulawesi bagian tengah, dan wilayah bagian tengah dan selatan Jawa Barat dan Jawa Tengah. Lahan kering beriklim kering tersebar di Kawasan Timur Indonesia (Bali, NTB, NTT, Sulawesi bagian tengah, utara, dan selatan) dan sebagian wilayah di Sumatera dan Kalimantan.

POTENSI LAHAN DAN POLA TANAM SORGUM

Pertanaman sorgum umumnya dijumpai pada lahan kering dan lahan tadah hujan dengan curah hujan yang pendek atau tidak merata/eratik. Areal potensial untuk pertanaman sorgum sebenarnya cukup luas termasuk lahan kritis. Lahan kering dikelompokkan menjadi lahan pekarangan, tegal/kebun/ladang, padang rumput, lahan sementara tidak diusahakan, lahan untuk kayu-kayuan, dan perkebunan. Lahan kering tersebut potensial untuk pengembangan sorgum.

Wilayah penghasil sorgum di Indonesia di antaranya Jawa Barat (Indramayu, Cirebon, Kuningan, Ciamis, Garut, Cianjur dan Sukabumi khususnya pada periode 1950-1970-an), Jawa Tengah (Purwodadi, Pati, Demak, Wonogiri), DI Yogyakarta (Gunung Kidul, Kulon Progo), Jawa Timur (Lamongan, Bojonegoro, Tuban, Probolinggo), Sulawesi Selatan (Selayar), Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur (Sumba Barat, Sumba Timur, Manggarai, Ngada, Ende, Sikka, Flores Timur, Lembata, Alor, Timor Tengah Utara, Kupang, Belu, Timor Tengah Selatan dan Rote Ndao). Namun sejak tahun 2000 wilayah sorgum tersebut digantikan oleh tanaman jagung.

Sorgum dapat dibudidayakan secara monokultur dan tumpangsari tanaman palawija lainnya. Pada lahan tegalan atau sawah tadah hujan, sorgum biasanya ditanam sebagai tanaman sisipan atau tumpangsari dengan padi gogo, kedelai, dan kacang tanah. Pada lahan sawah, sorgum umumnya ditanam secara monokultur pada musim kemarau. Pertanaman monokultur juga diusahakan pada daerah pengembangan yang berorientasi pasar seperti yang dilakukan oleh PT. Sorottama di Jawa Barat.

Berdasarkan curah hujan pada agroekosistem setempat, pola tanam sorgum adalah sebagai berikut:

Lahan kering beriklim kering: Sorgum –sorgum- bera

Sorgum – sorgum (ratun I) – bera

Lahan kering beriklim basah: Jagung – sorgum (ratun I) - bera

Sorgum – sorgum (ratun I) – sorgum (ratun II)

Lahan tadah hujan: Padi – sorgum - bera

Padi – sorgum - sorgum

Lahan sawah irigasi: Padi – padi – sorgum

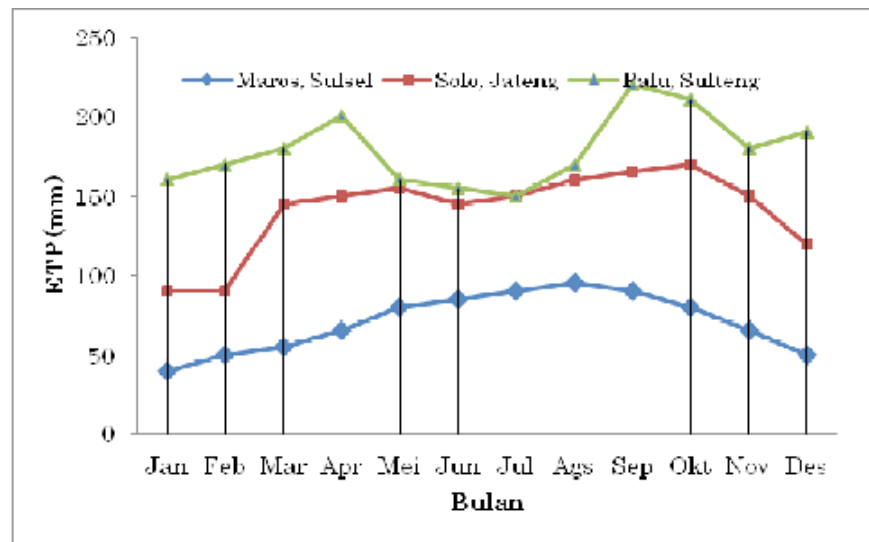
Pada lahan kering beriklim kering dataran rendah, pola tanam sorgum – sorgum (ratun I) – bera dapat diterapkan apabila ada jaminan pengairan tanaman dari air tanah dangkal. Dengan memanfaatkan sifat ratun dari sorgum dengan umur panen < 80 hari maka pertanaman ratun sorgum juga dapat diusahakan dua kali pada lahan kering beriklim kering dan tiga kali pada lahan kering beriklim basah.

KEBUTUHAN AIR TANAMAN

Dalam perencanaan pengairan tanaman yang perlu mendapat perhatian adalah kebutuhan air/evapotranspirasi tanaman. Evapotranspirasi tanaman dapat dikelompokkan evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi aktual (ETA).

ETP merupakan jumlah air yang ditranspirasikan dalam satuan unit waktu oleh tanaman yang menutupi tanah secara keseluruhan dengan ketinggian seragam, tidak pernah kekurangan air, dan tidak terserang hama penyakit. Dengan kata lain, ETP dapat diinterpretasikan sebagai kehilangan air oleh tanaman yang diakibatkan oleh faktor fisiologis dan klimatologis. Penentuan kebutuhan air tanaman (evapotranspirasi) sejauh ini masih didasarkan pada persamaan empiris yang telah banyak dikembangkan (Doorenbos and Pruitt 1984).

Di antara persamaan-persamaan empiris yang umum digunakan adalah metode Blaney-Criddle dan metode Penman, sedangkan penggunaan langsung di lapang umumnya menggunakan peralatan untuk mengamati perubahan air tanah. ETP dapat dihitung secara empiris dengan persamaan Penman (Doorenbos and Pruitt 1984), sebagai berikut:



Gambar 1. Pola evapotranspirasi/penguapan pada tiga wilayah di Indonesia
Sumber: Aqil *et al.* (2001)

$$ETP = C \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_n - G) + \gamma \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) 2.7 W_f (e_z^o - e_z)$$

di mana:

C = faktor koreksi

Δ

Δ = pertambahan tekanan uap jenuh

γ = konstanta psikometrik

R_n = radiasi matahari bersih (mm/hari)

G = fluks panas laten tanah (untuk periode harian = 0)

W_f = Fungsi kecepatan angin ($1 + 0,864 u$)

$(e_z^o - e_z)$ = Defisit tekanan uap (mbar)

(e_z^o) = Tekanan uap jenuh (mbar)

(e_z) = Tekanan uap aktual (mbar)

Nilai penguapan/evapotranspirasi pada tiga lokasi di Indonesia yang dihitung dengan metode Penman disajikan pada Gambar 1.

Evapotranspirasi Aktual (ETA)

ETA merupakan volume air yang dibutuhkan tanaman untuk mengganti sejumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi. Nilai ETA adalah nilai kebutuhan air yang harus diberikan ke tanaman, atau merupakan dasar

dalam penentuan kebutuhan air bagi tanaman di lapang dengan persamaan empiris:

$$ETA = ETP \times Kc$$

di mana:

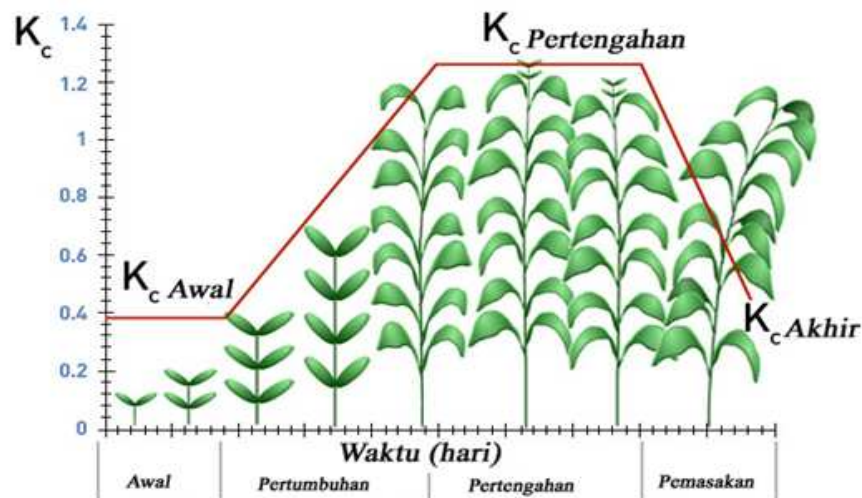
ETA = evapotranspirasi aktual (mm)

ETP = evapotranspirasi potensial (mm)

Kc = koefisien tanaman

Koefisien tanaman (K_c) menggambarkan laju kehilangan air secara drastis pada fase-fase pertumbuhan tanaman dan keseimbangan komponen-komponen energi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (FAO 2011). Gambar 3 memperlihatkan tahapan pertumbuhan tanaman sorgum dan koefisien tanaman yang digunakan untuk mengatur pemberian air. Pada awal pertumbuhan, K_c tanaman sorgum masih rendah (0,7) sehingga kebutuhan airnya juga relatif kecil. Seiring dengan pertumbuhan, tanaman membutuhkan air terbanyak pada fase pembungaan sampai pengisian biji yang ditunjukkan oleh nilai K_c yang tinggi dan deplesi (evaporasi) air yang juga tinggi.

Penentuan ETA di lapang dapat menggunakan lisimeter, yaitu tangki yang diisi dengan tanah, ditanami dengan tanaman tertentu, dan diletakkan pada lahan terbuka (Gambar 3). Penggunaan panci evaporasi ini sangat praktis karena hanya satu parameter saja yang diukur. Parameter tersebut selanjutnya digabungkan dengan informasi kebutuhan air tiap musim, umur



Gambar 2. Koefisien tanaman sesuai tahapan pertumbuhan sorgum.
Sumber: FAO (2001)

Tabel 2. Koefisien tanaman yang digunakan dalam pemberian air sorgum

Uraian	Periode pertumbuhan				
	Awal	Perkembangan tanaman	Pertengahan musim	Menjelang panen	Total
Tahapan perkembangan (hari)	20	35	40	30	130
Koefisien deplesi (p)	0,6	>>	0,5	0,8	0,55
Kedalaman akar (m)	0,3	>>	>>	1,4	-
Koefisien tanaman (Kc)	0,7	>>	1,0-1,15	0,55	-
Faktor respon hasil (Ky)	0,2	0,55	0,45	0,2	0,9

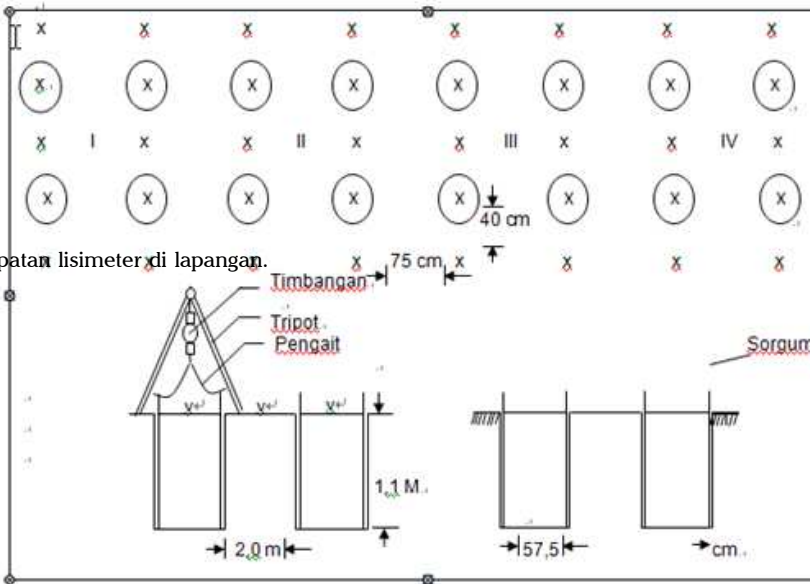
Sumber: FAO (2001)

tanaman sorgum, dan luas lisimeter dekade dapat dihitung dengan mudah

Hubungan Jumlah Pemberian

Ketepatan pemberian air sesuai dengan menentukan tingkat produksi tanaman sesuai dengan tingkat kebutuhan airnya, yang dibagi menjadi lima fase, yaitu fase pertumbuhan awal, fase vegetatif, fase pembungaan, fase pengisian malai,

Gambar 3. Tata letak penempatan lisimeter di lapangan.



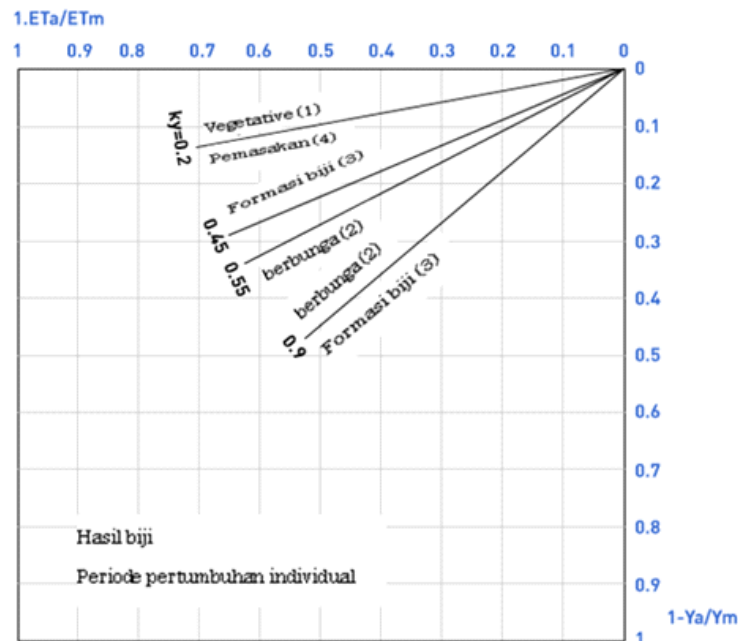
dan fase pematangan. Fase pertumbuhan dan jumlah hari tanaman sorgum disajikan pada Tabel 3. Hubungan antara tingkat penurunan hasil relatif ($1-Y_a/Y_m$) terhadap defisit evapotranspirasi relatif tanaman sorgum disajikan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa tanaman sorgum lebih toleran terhadap kekurangan air pada fase vegetatif akhir (fase 1) dan fase pemasakan (fase 4) dibandingkan dengan fase lainnya. Kekurangan air pada

Tabel 3. Fase pertumbuhan tanaman sorgum

Fase Pertumbuhan Tanaman	Jumlah hari
Fase pertumbuhan awal, dimulai saat tanam sampai fase vegetative	15-20
Fase vegetatif sampai menjelang pembungaan	20-30
Fase pembungaan sampai pengisian biji	15-20
Fase pengisian biji sampai menjelang fase pemasakan biji	35-40
Fase pemasakan sampai panen	10-15
Total	95-125

Sumber: FAO (2001)



Gambar 4. Hubungan antara tingkat penurunan hasil relatif ($1-Y_a/Y_m$) terhadap defisit evapotranspirasi relatif tanaman sorgum ($1-ET_a/ETP$)

Tabel 4. Pengaruh jumlah pemberian air terhadap hasil biji tanaman sorgum varietas UPCA-S1.

Total jumlah air yang diberikan (mm/musim)	Hasil biji (t/ha)	Indeks panen	Efisiensi penggunaan air (g/mm-air)
433	2,48	0,41	5,72
355	1,56	0,39	4,39
264	0,97	0,37	3,67
488	3,27	0,42	6,70

Sumber: Prabowo *et al.* (1998)

kedua fase tersebut relatif tidak mempengaruhi hasil panen. Penurunan hasil terbesar terjadi apabila kekurangan air terjadi pada fase pembungaan dan pengisian biji yang dapat menurunkan hasil panen sampai 50%. Hal ini disebabkan karena penyerbukan tidak terjadi dan kalau pun terjadi tetapi tanaman mengalami “headblast” atau mengeringnya sebagian besar malai.

Penelitian pengaruh pemberian air terhadap hasil biji dan efisiensi penggunaan air tanaman sorgum telah dilakukan oleh Prabowo *et al.* (1998). Tanaman sorgum yang diberikan air 433-488 mm mampu menghasilkan biji 2,5-3,3 t/ha (Tabel 4).

Mekanisme Toleransi Sorgum terhadap Cekaman Kekeringan

Sorgum dikenal sebagai tanaman yang toleran terhadap cekaman abiotis khususnya kekeringan dan cuaca panas. Mekanisme ketahanan tanaman sorgum terhadap kekeringan dipengaruhi oleh Sistem perakaran tanaman, karakteristik daun, pengaturan osmotik.

1. Sistem perakaran sorgum

Kekurangan air bagi tanaman biasanya ditandai oleh menurunnya nilai potensial air tanaman. Penurunan nilai potensial air apabila berlangsung terus-menerus menyebabkan tanaman menjadi layu atau mati. Laju pemulihan kembali atau recovery tanaman dari stres kekeringan dipengaruhi oleh sistem perakarannya. Sorgum memiliki akar yang lebat, ekstensif, dan bercabang sehingga apabila terjadi stres kekeringan maka perakaran akan menyerap air secara cepat dan tersedia bagi tanaman (ditandai oleh peningkatan nilai potensial air tanaman), sehingga recovery berlangsung lebih cepat. Selain itu, akar tanaman sorgum mampu tumbuh lebih dalam hingga kedalaman 120-180 cm apabila cekaman kekeringan terjadi. Sistem perakaran tanaman memegang peranan penting dalam menentukan laju

dan jumlah air yang dibutuhkan tanaman secara aktual. Modifikasi sistem perakaran untuk mengekstrak air lebih banyak atau mengatur laju transportasi air ke tanaman merupakan mekanisme penting untuk menghindari stress kekeringan atau cuaca panas.

2. Karakteristik Lapisan Lilin pada Daun

Tanaman sorgum mempunyai karakteristik unik yang jarang ditemui pada tanaman pangan sejenisnya, yaitu terdapatnya lapisan lilin yang tebal berwarna putih pada gagang bunga, ketiak daun, dan permukaan daun. Lapisan lilin ini dikendalikan oleh gen dominan, yaitu BmBm (Peterson *et al.* 1979). Lapisan lilin membantu meningkatkan ketahanan tanaman sorgum terhadap cekaman kekeringan atau cuaca panas. Gen BmBm mengontrol laju penyerapan air dari dalam tanah dan mengontrol radiasi yang masuk sehingga laju transpirasi dapat terkontrol.

3. Pengaturan Osmotik (Osmoregulation)

Osmoregulasi adalah penyesuaian osmotik oleh sel melalui sintesis dan akumulasi solut sebagai respon terhadap defisit kekurangan air. Solut terdiri dari campuran senyawa asam organik, asam amino, dan gula. Osmoregulasi adalah upaya tanaman untuk menjaga turgor sel akibat penurunan potensial air tanaman (Hsiao 1976). Mekanisme ini oleh tanaman sorgum saat mengalami cekaman kekurangan air dimana tanaman menurunkan potensial air daun yang kemudian diikuti oleh menutupnya stomata daun. Selain itu saat terjadi stress maka daun akan menggulung kedalam yang kemudian memperlambat laju transpirasi. Luas daun sorgum lebih kecil dibandingkan jagung sehingga memungkinkan sorgum mengendalikan transpirasi saat kekeringan dan kondisi angin kencang. Dengan kata lain tanaman sorgum melakukan adaptasi terhadap cekaman kekurangan air melalui pengaturan pengeluaran air dalam bentuk transpirasi melalui stomata sehingga penguapan air pada daun akan berkurang.

PRAKTEK PEMBERIAN AIR

Pengairan Tanaman dalam Kondisi Air Cukup

Dalam kondisi cukup air, setelah penanaman, lahan sebaiknya diairi untuk menjaga agar perkembangan akar tanaman menjadi lebih baik. Pemberian air selanjutnya, kisaran nilai kadar lengas tanah antara kapasitas lapang dan titik layu permanen, dijadikan indikator dalam menentukan jumlah dan waktu pemberian air. Kapasitas lapang adalah kadar lengas tanah yang tertahan dalam tanah setelah mengalami proses penjenhuan dari hujan atau irigasi,

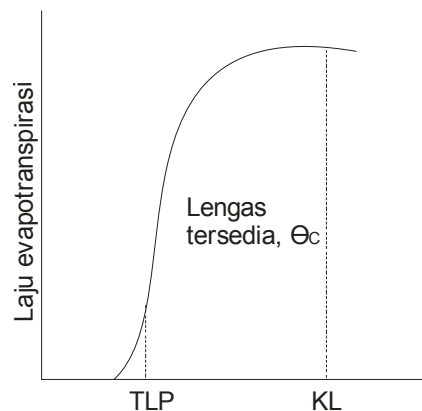
yang berlangsung 2-3 hari setelah hujan. Kondisi ini terjadi pada tekanan isap tanah -0,33 bar. Titik layu permanen adalah jumlah air minimum di mana tanaman sudah mulai layu dan tidak dapat tumbuh lagi walaupun diberi tambahan air (Een, wikipedia 2007). Kondisi ini terjadi pada tekanan isap tanah -15 bar.

Penurunan transpirasi aktual tanaman relatif lebih kecil apabila kondisi lengas tanah berada antara KL (kapasitas lapang) dan $\bar{\gamma}_c$ kadar kritis lengas tanah dibandingkan dengan penurunan transpirasi aktual tanaman pada kondisi di mana lengas tanah berada antara $\bar{\gamma}_c$ dan TLP (titik layu permanen) (Gambar 5). Dengan kata lain, apabila kondisi lengas tanah dijaga pada kisaran antara KL dan $\bar{\gamma}_c$, kualitas hasil tanaman lebih baik.

Walaupun secara teoritis tanaman masih mampu mendapatkan air dari tanah dalam kondisi kadar lengas tanah sudah melewati TLP, namun sedikit demi sedikit kemampuan mentranspirasikan air akan berkurang seiring menutupnya stomata sebagai respon terhadap kekurangan air. Gambar 5 memperlihatkan variasi laju transpirasi aktual tanaman sorgum terhadap kondisi lengas tanah, yang didefinisikan sebagai kadar kritis lengas tanah ($\bar{\gamma}_c$).

Irigasi biasanya dijadwalkan untuk menjaga kondisi lengas tanah. Dalam prakteknya, volume tiap satuan luas permukaan lengas tanah antara KL dan $\bar{\gamma}_c$ kadang-kadang disebut lengas tanah yang tersedia/siap dimanfaatkan tanaman (RAW).

Kandungan lengas/tekanan isap air tanah dapat diukur dengan tensiometer. Pengukuran lengas tanah juga dapat dilakukan secara gravimetri atau menggunakan alat yang lebih akurat, yaitu *neutron probe*.



Gambar 5. Variasi laju transpirasi aktual terhadap kondisi lengas tanah.
Sumber: Ju edu (2004)

Strategi Pengairan dalam Kondisi Defisit Air

Mempertimbangkan pengaruh cekaman kekurangan air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum diperlukan pengaturan pemberian air secara terencana, baik dalam jumlah maupun kedalaman pemberian, khususnya pada kondisi kekurangan air.

Dengan memperhitungkan tingkat ETP dalam pemberian air irigasi, perkiraan deplesi air pada fase-fase pertumbuhan tanaman adalah 40% pada fase pertumbuhan awal, 55-65% pada fase 1, fase 2, dan fase 3, serta 80% pada fase pemasakan.

Frekuensi pemberian air bagi tanaman sorgum dalam kondisi defisit air berkisar antara 2-5 kali. Waktu pemberian air yang tepat sesuai dengan tingkat ketersediaan air disajikan pada Tabel 5. Dalam kondisi tidak ada hujan dan ketersediaan air irigasi sangat terbatas maka pemberian air bagi tanaman dapat dikurangi dan difokuskan pada periode pembungaan (fase 2) dan pembentukan biji (fase 3). Pemberian air selama fase vegetatif dapat dikurangi.

Cekaman Kelebihan Air

Peluang terjadinya cekaman akibat genangan pada tanaman cukup besar, terutama pada lahan tadah hujan. Hal ini disebabkan karena tanaman sorgum umumnya ditanam setelah panen padi sehingga terjadi kejenuhan lahan pada periode awal pertumbuhan [redacted] dan fase [redacted] mana kumulatif hujan masih tinggi. Pada [redacted] an sec [redacted] rs [redacted] berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan [redacted] hasil [redacted]. Ter [redacted] genangan dapat diakibatkan oleh dr [redacted] bi [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] tinggi, dan pemberian air yang berlebihan.

Penggenangan yang tidak terkendali menyebabkan penuaan tanaman secara dini yang berdampak terhadap terjadinya klorosis daun, nekrosis, daun rontok, menurunnya fiksasi nitrogen, dan terhentinya pertumbuhan

Tabel 5. Waktu pemberian air tanaman sorgum sesuai dengan tingkat ketersediaan air.

Frekuensi pemberian air (kali)	Pertumbuhan awal (0)	Vegetatif (1)	Pembungaan (2)	Pengisian biji (3)	Masak (4)
2					
3					
4					
5					

Sumber: FAO (2001)

tanaman yang berdampak terhadap penurunan hasil (Bacanamwo and Purcell 1999). Secara umum penggenangan tanaman dibagi menjadi dua. Pertama, *water logging*, dimana akar dan sebagian batang tanaman tergenang air. Kedua, perendaman (*complete submergence*), dimana hampir seluruh akar dan batang tanaman tergenang air. Dampak dari cekaman genangan adalah (1) menurunnya suplai oksigen pada daerah perakaran tanaman, (2) berkembangnya penyakit busuk batang/akar, (3) defisiensi nitrogen dan ketidakseimbangan hara dalam tanah, dan (4) tingginya akumulasi gas CO₂ pada daerah perakaran.

Tanaman sorgum mempunyai daya adaptasi yang lebih baik terhadap kelebihan air (*excessive moisture*). Toleransi tanaman terhadap genangan disebabkan oleh adanya lapisan silika pada endodermis akar sehingga mampu menembus tanah yang keras, tidak mudah kering atau cepat busuk akibat tergenang air (Pursglove 1987, Ackerson and Kreig 1979).

Hasil penelitian Aqil *et al.* (2002) menunjukkan bahwa lama penggenangan dan lama tanaman tercekam berkorelasi dengan tingkat hasil tanaman sorgum (Tabel 6). Fase pertumbuhan awal tanaman (umur 7-21 HST) sangat peka terhadap genangan, baik dua maupun empat hari. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya hasil masing-masing 0,91 t dan 0,27 t/ha, lebih rendah dibanding tanpa penggenangan yang mencapai 3,27 t/ha. Pada saat tanaman berumur 45 dan 60 hari pengaruh genangan terhadap penurunan hasil lebih kecil.

Pola sebaran akar tanaman sorgum juga bervariasi, bergantung pada fase tanaman tercekam genangan. Pada saat tanaman berumur 7-21 HST, kerapatan panjang akar lebih rendah dibanding jika genangan terjadi pada umur 45 dan 60 HST. Hal ini disebabkan karena pada umur 45 dan 60 HST pertumbuhan akar tanaman telah mendekati kondisi maksimum. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa pertumbuhan maksimum akar sorgum

Tabel 6. Pengaruh lama penggenangan pada berbagai fase pertumbuhan terhadap hasil sorgum.

Fase pertumbuhan (HST)	Hasil tanaman (t/ha)		
	Penggenangan 0 hari	Penggenangan 2 hari	Penggenangan 4 hari
7-21	3,27	0,91	2,74
45	3,16	2,93	2,84
60	3,19	3,12	2,92
45 dan 60	3,21	2,89	2,75
Rata-rata	3,21	2,46	2,81

Sumber: Aqil *et al.* (2002)

Tabel 7. Pola sebaran akar tanaman sorgum pada penggenangan 2 hari.

Kedalaman tanah (cm)	Kerapatan panjang akar (cm/cm ²)				
	Kontrol	7-21 HST	45 HST	60 HST	90 HST
0	4,01	1,20	3,61	3,90	3,60
30	1,95	0,65	1,80	1,75	1,80
60	1,20	0,40	1,18	1,32	1,20
90	1,10	0,20	0,91	0,98	0,95
Rata-rata	2,10	0,61	1,88	1,98	1,88

Sumber: Aqil *et al.* (2002)

terjadi pada fase pembungaan. Pada fase pengisian biji, laju pertumbuhan akar terhenti (Turner 1979, Ackerson *et al.* 1980). Disebutkan pula oleh Turner (1979) bahwa akar tanaman sorgum mampu tumbuh lebih dalam apabila terjadi cekaman, akar baru menggantikan akar yang mati.

TEKNOLOGI KONSERVASI AIR UNTUK PERTANAMAN SORGUM

Teknologi konservasi air adalah cara menampung air hujan dan aliran permukaan untuk disalurkan ke tempat penampungan sementara atau tetap (permanen) yang sewaktu-waktu dapat digunakan untuk mengairi tanaman pada musim kemarau. Teknologi pemanenan air bermanfaat dikembangkan di daerah yang tidak memiliki suplai air permanen untuk pertanian. Kriteria kawasan yang dapat digunakan untuk pengembangan teknik konservasi air di antaranya: (1) lahan kering beriklim kering dan semi kering (>4 bulan kering berturut-turut sepanjang tahun); (2) kawasan dimana produksi tanaman pangan terbatas karena rendahnya ketersediaan air dalam tanah; (3) lahan berlereng dengan kondisi fisik tanah yang buruk; dan (4) daerah beriklim basah yang rawan krisis air (Subagyono *et al.* 2004).

Terdapat beberapa metode untuk pemanenan air hujan dan aliran permukaan, di antaranya saluran resapan, embung, dan rorak.

Saluran Resapan

Saluran resapan berfungsi untuk menampung air aliran permukaan dan meningkatkan daya resap air ke dalam tanah. Tanah yang digali untuk saluran dapat digunakan untuk pembuatan bedengan. Ukuran saluran resapan bervariasi dengan lebar 10-25 m, panjang 1-2 m, dan kedalaman 2 m. Parit resapan dibuat menyesuaikan dengan kontur lahan, terutama di daerah-daerah yang relatif datar (kemiringan < 20%).



Gambar 6. Embung untuk tempat penampungan air hujan.

Embung

Salah satu cara untuk menanggulangi kekurangan air di lahan sawah tadah hujan adalah membangun kolam penampung air atau embung. Embung akan menampung kelebihan air pada musim hujan dan digunakan pada musim kemarau. Embung bisa dibangun secara individu atau berkelompok, bergantung pada keperluan dan luas areal tanaman yang akan diairi. Untuk keperluan individu dengan luas tanaman (palawija) 0,5 hektar, embung yang diperlukan adalah panjang 10 m, lebar 5 m, dan kedalaman 2,5 m. Air yang tertampung dalam embung selanjutnya digunakan untuk mengairi tanaman palawija pada musim kemarau seperti sorgum, kacang-kacangan, dan umbi-umbian.

Embung sebaiknya dibuat pada areal pertanian yang bergelombang dengan kemiringan 8-30%. Agar limpahan air permukaan dapat dengan mudah mengalir ke dalam embung dan air embung mudah disalurkan ke petak tanaman, maka harus ada perbedaan ketinggian antara embung dan petak tanaman.

Rorak

Rorak adalah lubang atau penampang yang dibuat dengan cara memotong lereng yang berfungsi menampung dan meresapkan air yang melimpas. Rorak merupakan salah satu teknik konservasi air yang mudah diterapkan, khususnya di daerah tadah hujan. Pembuatan rorak bermanfaat

untuk: (1) memperbesar resapan air ke dalam tanah; (2) memperlambat limpasan air pada saluran resapan; dan (3) sebagai tempat penampungan tanah yang tererosi sehingga sedimen tanah lebih mudah dikembalikan ke bidang olah.

Ukuran rorak bergantung pada kondisi dan kemiringan lahan serta besarnya limpasan permukaan. Umumnya rorak dibuat dengan ukuran panjang 1-2 m, lebar 0,25-0,50 m, dan dalam 0,20-0,30 m. Atau, panjang 1-2 m, lebar 0,3-0,4 m, dan dalam 0,4-0,5 m. Jarak antarrorak dalam kontur adalah 2-3 m dan jarak antara rorak bagian atas dengan rorak di bawahnya 3-5 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerson, R.C. and D.R. Krieg. 1979 Stomatal and non-stomatal regulation of water use in cotton, corn and sorghum. *Plant Physiol* 60:850–853.
- Ackerson, R.C., D.R. Krieg, and Sung FJM. 1980. Leaf conductance and osmoregulation of field grown sorghum. *Crop Sci* 1980; 20:10-14.
- Aqil, M., A. Prabowo, I.U. Firmansyah, dan I.G.P. Sarasutha. 2001. Penetapan jadwal tanam sorgum dan sorgum berdasarkan pola distribusi hujan, kebutuhan air tanaman, dan ketersediaan air tanah. *Risalah Penelitian Sorgum dan Serealia Lain*. Balai Penelitian Tanaman Sorgum dan Serealia Lain. Maros. p. 44-45.
- Aqil, M., A. Prabowo, dan I.U. Firmansyah. 2002. Tanggapan hasil tanaman sorgum terhadap kelebihan air. *Jurnal Stigma* 10 (4):331-336.
- Bacanamwo, M. and C.P. Larry. 1999. Soybean dry matter and N accumulation responses to flooding stress, N sources and hypoxia. *Journal of Experimental Botany* 50(334):689–696.
- Badan Meterologi dan Geofisika (BMG). 1994. Rainfall types in Indonesia. BMG, Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1998. Statistik sumberdaya lahan. Pusat Penelitian Tanah dan Agrklimat, Bogor.
- Dajue and Guangwei. 2000. Sweet sorghum - A fine forage crop for the Beijing region, China. In: *Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage*, Roma, Italy.
- Ditjen Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. 2005. Program dan kebijakan pemerintah dalam pengembangan agribisnis sorgum. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p.104-112.

- Doorenbos and Pruitt. 1984. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO. Irrigation and drainage, Paper no. 24. Rome, Italy. p. 44-54.
- Een, Wikipedia. 2007. Permanent Wilting Point. Free Encyclopedia (www.een.wikipedia.org). p.3-8
- FAO. 2001. Crop Water Management-Maize. Land and Water Development Division (www.fao.org). p. 3-8.
- Hsiao, T.C., E. Acevedo, E. Fereres, and D.W. Henderson. 1976. Stress metabolism, water stress, growth, and osmotic adjustment. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 273. pp. 479-500
- Ju.edu. 2004. Irrigation Water Requirements (www.ju.edu.jo). p. 1-10
- Linsley, R.K. and J.B. Franzini. 1986. Water Resources Engineering. Internasional Student Edition. MacGraw Hill BookCo. Singapore. p. 55-70.
- Mudjisihono, R. dan S. Suprpto. 1987. Budidaya dan Pengolahan Sorgum. Penebar Swadaya, Jakarta. 91 hal.
- Nobe and Sampath. 1986. Irrigation management in developing countries: Current issues and approaches. Studies in Water Policy and Management. Weatview Press.
- Peterson, G.C., K. Suksayetrup, and D.E. Webel. 1979. Inheritance and Interrelationship of Bloomless and Sparse-Bloom Mutant in Sorghum. Sorghum Newsletter 22:30
- Prabowo, A., B. Prastowo, I.U. Firmansyah, dan R.H. Anasiru. 1998. Pengelolaan air untuk tanaman sorgum: Kasus lahan kering dan sawah tadah hujan di Maros dan Danau Tempe. Prosiding Seminar dan Lokakarya Sorgum Nasional, Balai Penelitian Tanaman Sereal. Maros. p. 15-25.
- Purseglove, J.W. 1987. Tropical Crops: monocotyledons. Longman Scientific and Technical, New York. pp. 299-333.
- Subagyo, K., U. Hidayati, dan S.H. Talaohu. 2004. Teknologi konservasi air pada pertanian lahan kering. Teknologi Konservasi Lahan Kering.
- Turner, N.C. and M.M. Jones. 1980. Turgor Maintenance by osmotic adjustment: A Review and Evaluation. Wiley Interscience, New York.

Prospek Pengelolaan Ratun Sorgum

Roy Efendi, Fatmawati, dan Bunyamin Z.

Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) merupakan salah satu jenis tanaman serealia famili Poaceae yang mampu beradaptasi luas dan prospektif dikembangkan pada lahan marginal. Secara fisiologis, permukaan daun sorgum, yang mengandung lapisan lilin dan sistem perakaran yang dalam, membuat tanaman sorgum efisien dalam pemanfaatan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk menghasilkan 1 kg bahan kering sorgum hanya memerlukan 332 kg air, sedangkan jagung memerlukan lebih banyak air, yaitu 368 kg air (House 1995, Reddy *et al.* 2005).

Pemanfaatan sorgum umumnya digunakan sebagai bahan hijauan pakan ternak yang bermutu melalui bioproses (Sirappa 2003, Fanindi *et al.* 2005, Atmodjo 2011, Whitfield *et al.* 2011) dan sebagai gula fermentasi (Tew *et al.* 2008) dengan kualitas mendekati nira tebu. Etanol dari sorgum memiliki daya bakar yang tinggi sehingga sangat baik untuk bahan baku biofuel.

Batang tanaman sorgum memberi kontribusi paling besar terhadap produksi nira sebagai bahan baku bioetanol (Almodares and Hadi 2009). Produktivitas batang tanaman sorgum berkisar antara 30-50 t/ha, sedangkan daun segar 7-13 t/ha (Efendi *et al.* 2013). Peluang sorgum sebagai bahan baku bioetanol atau hijauan pakan ternak semakin terbuka, sehingga kedepan tantangan yang dihadapi adalah ketersediaan bahan baku biomas sorgum, terutama dari segi kuantitas.

Keistimewaan tanaman sorgum adalah memiliki kemampuan tumbuh kembali setelah dipanen (*ratoon*). Peratunan dapat dilakukan 2-3 regenerasi. Tanam ratun tidak memerlukan benih, cukup menggunakan regenerasi tunas, dan merupakan sarana yang berguna untuk memulai budi daya pada kelembaban tanah terbatas. Menurut House (1995), akar primer tanaman sorgum tumbuh pada saat proses perkecambahan berlangsung dan seiring dengan proses pertumbuhan akar sekunder pada ruas pertama. Akar sekunder kemudian berkembang secara ekstensif yang diikuti oleh matinya akar primer. Akar sekunder kemudian berfungsi menyerap air dan unsur hara serta memperkokoh tegaknya batang dan sanggup menopang pertumbuhan dan perkembangan tanaman ratun (*ratoon*). Dalam sistem ratun, budi daya sorgum dengan penanaman biji sampai panen pertama, kemudian dilanjutkan dengan memelihara tanaman ratunnya hingga panen

kedua atau ketiga yang merupakan sistem budi daya yang dapat memenuhi kebutuhan bahan baku biomas atau biji secara berkesinambungan.

MANFAAT BUDI DAYA RATUN

Budi daya sorgum dengan peratunan adalah sistem budi daya yang telah dipraktekkan di daerah tropis dan secara luas diterapkan pada beberapa tanaman misalnya tebu, padi, dan pisang. Dasar perlakuan ratun adalah kemampuan tanaman seperti tanaman perennial (tahunan) yang melanjutkan pertumbuhan lebih dari satu siklus panen. Hal ini dimungkinkan karena kemampuan tanaman utama setelah dipotong akan muncul tunas dari bagian dasar batang, dekat permukaan tanah, untuk menghasilkan tanaman baru. Budi daya sorgum dengan sistem ratun telah dilakukan di India, Hawaii, dan Australia, Filipina, Indonesia, California di Amerika Serikat, dan Afrika (Gardner *et al.* 1991, Enserink 1995).

Tanaman sorgum dapat dibudidayakan pada lahan kering sepanjang tahun atau pada musim hujan dan kemarau (Tsuchihashi and Goto 2004 dan 2005). Hasil penelitian Tsuchihashi dan Goto (2008) menunjukkan tanaman sorgum dapat menghasilkan ratun baik, pada musim kemarau maupun musim hujan, sehingga dapat dipanen 2-3 kali. Hasil penelitian Schaffert dan Borgonovi (2002) dengan sistem budi daya asal biji dan peratunan dua kali mampu menghasilkan 166 t/ha biomas sorgum dalam tiga kali panen. Opole *et al.* (2007) juga menyatakan bahwa sorgum dengan kemampuan daya ratunnya dapat meningkatkan hasil dan pendapatan petani di Kenya.

Budi daya sorgum dengan menanam biji dan memelihara ratunnya setelah panen tanaman utama dapat mengatasi kekurangan air pada musim kering dan pertanaman ratun cenderung lebih toleran kekeringan dibanding tanaman utamanya (Tsuchihashi and Goto 2008). Selain itu, keuntungan budi daya sorgum dengan sistem ratun adalah efisien penggunaan biaya, benih, tenaga kerja, dan waktu. Hasil penelitian Solamalai *et al.* (2001) menunjukkan bahwa tanaman ratun memerlukan air lebih sedikit dibanding tanaman utamanya. Hasil penelitian ICRISAT menunjukkan pula bahwa dalam kondisi tanah lembab budi daya ratun memberi keuntungan lebih besar 5-7% dibanding penanaman ulang. Keuntungan lainnya adalah tanaman ratun berumur lebih genjah dibanding tanaman utama. Selain itu, tanaman sorgum yang mampu beregenerasi sepanjang tahun dengan ratun bermanfaat sebagai tanaman konservasi pada lahan berlerang. Ratun yang tumbuh mampu menjaga perakaran tanaman dalam tanah tetap hidup sehingga efektif mengurangi erosi permukaan tanah.

Pertumbuhan tanaman ratun umumnya lebih rendah dibanding tanaman utama. Hasil penelitian Duncan dan Gardner (1984) menunjukkan tinggi tanaman ratun turun 13-39% atau rata-rata 13,5%. Namun tinggi tanaman ratun adakalanya lebih tinggi dibanding tanaman utama. Pada varietas Wray dan MN1056, tinggi tanaman masing-masing 181 dan 144 cm, sedangkan tinggi tanaman ratunnya masing-masing 192 dan 163 cm (Tabel 1). Hasil penelitian Tsuchihashi dan Goto (2008) di Sugihwaras, Bojonegoro, Jawa Timur, menunjukkan bahwa tinggi tanaman utama pada akhir musim hujan 306 cm sedangkan pada musim kemarau turun menjadi 198-250 cm. Penurunan tinggi tanaman berhubungan dengan ketersediaan air yang rendah. Tanaman ratun dapat lebih tinggi jika tanaman utamanya ditanam pada musim kemarau dan panen pada awal musim hujan, dan ratunnya tumbuh pada musim hujan.

Umur panen tanaman ratun umumnya lebih genjah dibanding tanaman utama. Namun hasil penelitian Tsuchihashi dan Goto (2008) menunjukkan bahwa umur tanaman utama atau ratun dapat lebih panjang atau lebih genjah, bergantung pada musim, ketersediaan air, suhu, dan foto periode (Escalada and Plucknett 1975). Jika penanaman atau peratunan dan pertumbuhan vegetatif-generatif bertepatan pada musim hujan maka umur panen lebih panjang dibanding musim kemarau. Jika tanam benih pada musim hujan - akhir musim hujan dan waktu panen atau peratunan pada musim kemarau maka umur panen tanaman utama lebih panjang (118-

Tabel 1. Tinggi tanaman utama dan ratun 14 genotipe sorgum.

Varietas	Tinggi tanaman (cm)		
	Utama (U)	Ratun (R)	% U-P
Brandes	244	149	-38,9
Wray	181	192	6,1
Keller	283	208	-26,5
MN1500	279	191	-31,5
Dale	277	179	-35,4
Theis	302	206	-31,8
Rio	277	207	-25,3
MN1054	201	150	-25,4
MN1048	257	182	-29,2
MN1060	212	161	-24,1
Roma	218	190	-12,8
MN960	210	156	-25,7
MN1056	144	163	13,2
Ramada	200	173	-13,5
Rata-rata	235	179	-21,5

Sumber: Duncan dan Gardner (1984)

120 hari) dibanding ratun (91-112 hari) (Tabel 2). Sebaliknya bila penanaman benih sorgum pada musim kemarau atau mendekati puncak musim hujan dan saat panen atau peratunan pada akhir musim hujan atau awal kemarau, maka umur panen tanaman utama lebih genjah (117-119 hari) dibanding tanaman ratun (119 -124 hari).

Penelitian Ispandi (1986) pada MK 1985 dan MH 1985/86 terhadap sejumlah galur/varietas sorgum di Probolinggo, Jawa Timur, menunjukkan bahwa pertanaman masih mampu memberikan hasil sampai ratun ketiga. Hasil pertanaman ratun pertama atau pertanaman kedua umumnya lebih tinggi daripada pertanaman utama kecuali varietas UPCS-2 dan galur No. 6-c (Tabel 3). Namun kondisi tanah, air, dan perlakuan pemupukan serta pengendalian hama, penyakit, dan periode pertanaman utama sampai panen ratun ketiga tidak diuraikan secara detail. Meski demikian total hasil biji yang diperoleh (7-13 t/ha) memberikan bukti bahwa sorgum mempunyai peluang untuk dikembangkan.

Sebaliknya penelitian Molina *et al.* (1988) menunjukkan bahwa hasil ratun pertama dan kedua dari tujuh varietas sorgum yang di uji menurun cukup tajam dibandingkan dengan hasil panen tanaman utama (Tabel 4). Hasil biji dari tanaman ratun lebih rendah 25-82% dibanding tanaman utama, sedangkan pada ratun kedua penurunan hasil mencapai 85-100%. Penurunan hasil tanaman ratun disebabkan oleh umur tanaman yang lebih genjah sehingga periode fotosintesis lebih singkat dan akumulasi fotosintat

Tabel 2. Bobot biomas segar tanaman utama dan ratun beberapa galur/varietas sorgum manis. Maros, MH 2009-2010.

Galur/varietas	Bobot biomas (t/ha)			Persentase penurunan	
	Utama (U)	Ratun I (R1)	Ratun II (R2)	U-R1	U - R2
1090A	40,1	18,7	13,6	-53,4	-66,1
15011A	44,8	31,0	27,0	-30,8	-39,7
15011B	46,2	23,8	8,6	-48,5	-81,4
15019B	29,6	20,9	15,1	-29,4	-49,0
15021A	63,4	24,6	20,6	-61,2	-67,5
15105B	41,8	31,9	25,3	-23,7	-39,5
15120A	26,5	12,6	14,4	-52,5	-45,7
15131B	36,5	22,8	22,6	-37,5	-38,1
4_183A	47,1	24,2	14,6	-48,6	-69,0
5_193C	44,6	15,9	14,6	-64,3	-67,3
Selayar hitam	47,4	32,1	16,5	-32,3	-65,2
Sorgum hitam	34,5	15,8	12,7	-54,2	-63,2
Watar Hammu Putih	53,8	24,6	13,2	-54,3	-75,5
Numbu	45,3	17,7	18,8	-60,9	-58,5

Sumber : Efendi *et al.* 2013

Tabel 3. Hasil biji pertanaman utama dan ratun beberapa varietas sorgum, Probolinggo, MK 1985 dan MH 1985/86.

Varietas/galur	Hasil biji (t/ha)				Total hasil (t/ha)
	I	II	III	IV	
UPCA S-1	4,20	4,32	1,76	1,62	11,90
KD-4	3,66	3,84	1,54	1,00	12,55
No. 324	4,23	4,53	1,60	1,37	11,23
No. 311	4,15	4,46	2,31	1,84	12,76
No. 331	3,42	4,83	2,43	1,46	12,14
No. 339	3,98	4,74	2,83	1,72	13,27
No. 306	3,74	4,50	1,56	0,78	10,58
No. 302	2,87	4,57	2,49	1,80	11,73
No. 140/0203	3,78	4,82	2,17	1,56	12,33
Early Hegari	3,61	4,94	2,94	1,44	12,93
UPCA S-2	4,01	0,89	1,25	0,74	6,89
No. 6-c	3,96	1,07	1,47	0,87	7,37

I= Tanaman Utama

II= Tanaman ratun pertama

III= Tanaman ratun kedua

IV= Tanaman ratun ketiga

Sumber: Ispandi (1986)

Tabel 4. Hasil biji tanaman utama dan ratun beberapa varietas sorgum.UPLB, Filipina, 1987-1988.

Galur/varietas	Hasil biji (t/ha)			Persentase penurunan	
	Utama (U)	Ratun I (R1)	Ratun II (R2)	U-R1	U - R2
Cosor 2	3,0	2,1	0,0	-29,4	-100,0
Cosor 3	2,9	2,3	0,0	-24,8	-100,0
IS-8544	1,7	0,6	0,0	-81,8	-100,0
Darso	2,3	1,3	0,4	-58,7	-85,5
CS-36	1,4	1,4	0,1	-55,4	-95,7
IS-295	2,6	1,6	0,5	-45,9	-84,8
EG-3	3,1	1,0	0,0	-68,6	-100,0

Sumber: Molina *et al.* (1988)

ke biji lebih rendah dan daya ratun rendah sehingga populasi tanaman persatuan luas tidak optimal.

Penelitian Setyowati *et al.* (2005) terhadap 100 genotipe sorgum menunjukkan hasil biji tanaman ratun umumnya lebih rendah dibanding tanaman utama dan kemampuan daya ratun sangat beragam. Tingkat penurunan hasil pada tanaman ratun pertama berkisar antara 8-100% (Tabel

5, 6 dan 7), kecuali galur No.15/226 mengalami peningkatan hasil 20,7% dibanding tanaman utama (Tabel 5). Persentase ratun tumbuh menunjukkan daya ratun genotipe sorgum.

Adanya keragaman penurunan hasil tanaman ratun beberapa galur/ varietas sorgum menunjukkan terdapat peluang pengembangan sorgum melalui perakitan varietas yang memiliki daya ratun tinggi dengan produktivitas sama dengan tanaman utama sehingga memungkinkan panen dapat dilakukan 2-3 kali dengan produksi optimal. Salah satu faktor pendukung kemampuan galur/varietas sorgum memiliki daya ratun tinggi adalah kemampuan mempertahankan kehijauan daun (*stay green*) dan umur panen yang sama dengan tanaman utama sehingga periode aktif fotosintesis dan produksi biomas atau biji relatif sama dengan tanaman utama (Long *et al.* 2006).

Sorgum umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L) Moench) dan sorgum penghasil biji. Sorgum manis memiliki kadar gula yang tinggi pada batangnya, yang sebagian besar terdiri atas sukrosa, juga terdapat fruktosa dan glukosa, sehingga dapat diubah menjadi etanol (Sakellariou *et al.* 2007). Biomas sorgum manis

Tabel 5. Hasil biji tanaman utama dan ratun dari beberapa galur/varietas sorgum umur genjah (<85 hari).Cikeumeuh, Bogor, akhir MH – MK, 1999.

Galur/varietas	Hasil biji (t/ha)			Persentase penurunan hasil (R-U)	Persentase tumbuh ratun
	Utama (U)	Ratun (R)	Total U + R		
Keris	0,84	0,67	1,52	-20,6	40,0
TUBJ	1,80	1,36	3,16	-24,2	50,0
IRAT 204	2,24	1,08	3,32	-52,1	27,5
Hegari Genjah	1,60	1,33	2,93	-16,6	37,5
Badik	1,82	1,30	3,12	-28,3	55,0
867-086	3,04	1,30	4,34	-57,1	32,5
ICSR 50	3,10	0,72	3,82	-76,9	37,5
ICSR 14	3,43	2,53	5,96	-26,1	52,5
Sangkur	3,26	1,24	4,50	-62,0	60,0
UPCASI	2,41	2,10	4,50	-12,8	70,0
ICSV 93004	1,88	0,79	2,67	-58,2	27,5
CK 2	2,86	2,14	4,99	-25,3	45,0
CA Wonogiri	3,43	1,51	4,94	-56,1	52,5
Sil.75	4,24	0,80	5,04	-81,2	45,0
MK Progo	2,59	0,06	2,66	-97,6	5,0
No. 15/226	2,58	3,12	5,70	20,7	62,5
Mandau	2,92	1,53	4,45	-47,6	45,0
867032	1,59	1,03	1,69	-93,5	5,0
ICSR.296B	1,10	0,30	1,38	-74,7	5,0

Sumber: Setyowati *et al.* (2005)

Tabel 6. Hasil biji tanaman utama dan ratun beberapa galur/varietas sorgum umur sedang (86-95 hari). Cikeumeuh, Bogor,akhir MH-MK, 1999.

Galur/varietas	Hasil biji (t/ha)			Persentase (R-U)	Persentase tumbuh ratun
	Tan. utama (U)	Tan. ratun (R)	Total U + R		
ICSV 92024	3,79	0,17	3,96	-95,57	0,50
No. 867161	3,11	0,41	3,53	-86,69	10,00
ICSV 84	2,03	0,77	2,79	-62,30	15,00
TX62313	3,08	2,50	5,57	-18,94	71,50
ICSV 93033	4,45	0,89	5,34	-79,98	20,00
ENTRY(X)ISSDAC	4,74	1,95	6,69	-58,87	22,50
MO-432	3,24	0,96	4,19	-70,50	27,50
ICSR 31	3,32	0,70	4,03	-78,81	30,00
ICSV 89102	4,93	2,68	7,61	-45,68	35,00
ISIAP DORADO	3,22	0,61	3,83	-81,00	37,50
ICSV 745	3,61	1,92	5,53	-46,67	40,00
No. 867171	3,18	1,47	4,66	-53,71	45,00
ICSV 93005	3,77	2,08	5,85	-44,83	47,50
K. Putih 64R6	3,47	2,35	5,82	-32,10	50,00
ICSV 88032	4,19	0,57	4,76	-86,50	52,50
ENTRY 64DTN	4,19	3,86	8,05	-8,00	62,50
ICSV 93051	3,28	1,14	4,42	-65,27	70,00
No. 867226	2,23	0,83	3,06	-63,02	80,00

Sumber: Setyowati *et al.* (2005)

Tabel 7. Hasil biji tanaman utama dan ratun beberapa galur/varietas sorgum umur dalam (>95 hari). Cikeumeuh, Bogor, akhir MH-MK, 1999.

Galur/varietas	Hasil biji (t/ha)			Persentase (R-U)	Persentase tumbuh ratun
	Tan. utama (U)	Tan. ratun (R)	Total U + R		
ICSV II	2,48	0,00	2,48	-100,00	0,00
ICSR 102	3,51	0,11	3,62	-96,81	0,00
ICSW,LM 90502	2,85	0,44	3,30	-84,43	12,00
ICSR 103	3,59	0,66	4,25	-81,70	15,00
ICSB 88005	1,36	0,36	1,72	-73,92	17,00
ICSVLM,89522	3,97	1,24	5,21	-68,77	20,00
ICSV 89106	2,21	0,77	2,98	-64,99	25,00
ICSR 60	1,68	1,05	2,73	-37,74	30,00
SPV 669	4,31	1,28	5,59	-70,34	32,00
ICSR 119	3,38	0,88	4,26	-74,01	35,00
ICSR 91011	3,64	2,02	5,66	-44,58	37,00
ICSV 92015	2,15	0,60	2,75	-72,05	40,00
ICSV 427	2,85	1,09	3,94	-61,71	42,00
ICSV 112	2,63	2,01	4,63	-23,65	45,00
ICSV247	3,53	2,23	5,76	-36,74	52,00
LB 5	2,64	1,74	4,38	-34,00	65,00
ICSV 93055	2,68	2,41	5,09	-10,15	65,00

Sumber: Setyowati *et al.* (2005)

banyak dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak dan bahan baku biofuel. Di India, produktivitas biomas segar batang tanaman utama sorgum berkisar antara 53-104 t/ha (Reddy and Dar 2007, Almodares and Hadi 2009). Namun produksi biomas batang segar tanaman ratun umumnya lebih rendah dibandingkan dengan tanaman utama. Hasil penelitian Duncan dan Gardner (1984) menunjukkan penurunan hasil biomas dari ratun pertama dibanding tanaman utama berkisar antara 5-66%. Namun pada varietas tertentu seperti Ramada justru hasil biomasnya lebih tinggi 16-17% dibanding tanaman utama (Tabel 8). Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan daya ratun yang dipengaruhi oleh genetik.

Penurunan biomas ratun pertama mencapai 24-61% dan meningkat pada ratun kedua menjadi 40-82% (Tabel 2). Besarnya penurunan biomas tanaman ratun kedua disebabkan oleh menurunnya persentase tumbuh ratun dan umur tanaman menjadi lebih pendek. Besarnya akumulasi bobot total biomas tanaman utama dan ratun didukung oleh beberapa faktor, yaitu (a) potensi produksi biomas per satuan luas yang besar, dan (b) daya ratun yang tinggi. Hal tersebut perlu menjadi pertimbangan dalam merakit varietas sorgum manis yang mampu menghasilkan biomas segar dan daya ratun tinggi serta persentase penurunan biomas tanaman ratun yang rendah dibanding tanaman utama (Efendi *et al.* 2013).

Tabel 8. Bobot biomas segar tanaman utama dan ratun beberapa galur/varietas sorgum manis. Georgia, 1980-1981.

Galur/varietas	Bobot segar tanaman (t/ha)			Persentase penurunan (%) (R-U)
	Tan. utama (U)	Tan ratun (R)	Total (U + R)	
Brandes	62,0	21,1	83,1	-66,0
Wray	61,7	31,7	93,4	-48,6
Keller	61,0	29,2	90,2	-52,1
MN1500	55,8	28,1	83,9	-49,6
Dale	55,6	25,9	81,5	-53,4
Theis	54,6	25,6	80,2	-53,1
Rio	48,4	27,8	76,2	-42,6
MN1054	48,2	24,7	72,9	-48,8
MN1048	40,7	22,2	62,9	-45,5
MN1060	36,5	18,4	54,9	-49,6
Roma	31,6	21,6	53,2	-31,6
MN960	17,0	9,0	26,0	-47,1
MN1056	16,2	15,4	31,6	-4,9
Ramada	10,7	12,5	23,2	16,8
Rata-rata	42,9	22,4	65,2	-41,1

Sumber: Duncan dan Gardner (1984)

FAKTOR PENDUKUNG KEBERHASILAN BUDI DAYA SORGUM DENGAN SISTEM RATUN

Daya Ratun Tinggi

Daya ratun tinggi berperan penting untuk memperoleh biomas dan hasil biji per satuan luas yang tinggi dari tanaman utama dan ratun (Livingston and Coffman 2003). Kemampuan tanaman sorgum menghasilkan ratun dipengaruhi oleh faktor internal (genetik dan cadangan makanan dalam akar dan batang) dan faktor eksternal seperti ketersediaan air, tingkat kesuburan tanah, sinar matahari, suhu, dan hama dan penyakit tanaman (Mahadevappa 1988).

Setiap galur/varietas sorgum memiliki kemampuan ratun yang berbeda. Hasil penelitian Setyowati *et al.* (2005) menunjukkan bahwa keragaman tumbuh ratun dari 100 plasma nutfah sorgum pada musim kering berkisar antara 0,5-80% (Tabel 9). Keragaman daya ratun galur/varietas sorgum menunjukkan bahwa faktor genetik sangat menentukan kemampuan genotipe sorgum dalam menghasilkan tanaman ratun. Duncan *et al.* (1980) menyatakan bahwa terdapat gen pengendali pertumbuhan tanaman ratun di satu segmen kromosom.

Faktor penentu keberhasilan tanaman ratun adalah vigor tunggul batang setelah panen tanaman utama, yang erat kaitannya dengan cadangan hasil fotosintesis. Aktivitas fotosintesis menentukan jumlah energi yang masuk dan tersimpan dalam sistem tanaman yang dapat dimanfaatkan (Marschner

Tabel 9. Persentase ratun tumbuh pada beberapa galur/varietas sorgum. Cikeumeuh, Bogor, MK 1999.

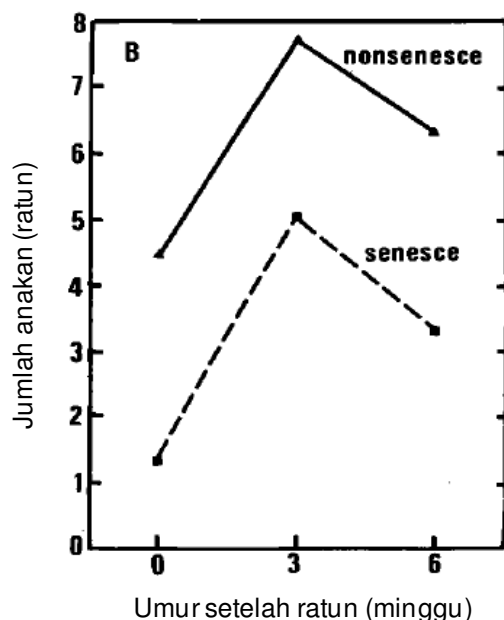
No.	galur/varietas	Persentase tumbuh ratun	No.	Genotipe	Persentase tumbuh ratun
1	ICSV 93036	0,0	14	ICSV 93026	40,0
2	ICSB 31	0,5	15	ICSV 427	42,0
3	CK-5	2,5	16	ICSV 112	45,0
4	MK Progo	5,0	17	Keris M3	47,5
5	GJ 35-15-15	10,0	18	TUBJ	50,0
6	ICSR 97	12,0	19	ICSV247	52,0
7	ICSV 84	15,0	20	ICSV 88032	52,5
8	ICSB 88005	17,0	21	Badik	55,0
9	ICSR 88020	17,5	22	Sangkur	60,0
10	ICSV III	25,0	23	No. 15/226	62,5
11	IRAT 204	27,5	24	UPCASI	70,0
12	ICSV 93024	32,0	25	ICSV 93051	70,0
13	K-905	35,0	26	No. 867226	80,0

Sumber: Setyowati *et al.* (2005)

1995). Penyimpanan hasil fotosintesis ke bagian akar dan batang sangat diperlukan agar dapat ditranslokasikan untuk inisiasi tunas sehingga menjadi tanaman ratun. Kemampuan organ tanaman beregenerasi dengan menghasilkan tanaman ratun dipengaruhi oleh kekuatan *organ sink* untuk menyediakan karbohidrat. Karbohidrat yang tersedia dengan cukup pada bagian akar dan batang mempengaruhi pertumbuhan awal tanaman ratun sorgum.

Kondisi kekeringan mengakibatkan penipisan cadangan karbohidrat pada akar dan batang yang dibutuhkan oleh bakal tunas ratun untuk tumbuh kembali, sehingga mengurangi kesempatan untuk bertahan hidup. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi tanaman utama setelah panen menjadi faktor penentu keberhasilan pertumbuhan tanaman ratun. Kelebihan asimilat dari tanaman utama yang tersusun dalam bentuk karbohidrat, lipid, dan protein akan dimanfaatkan tanaman sebagai cadangan makanan yang akan dimanfaatkan untuk menginisiasi tumbuhnya tunas atau ratun. Akar dan batang merupakan organ penting untuk menyimpan cadangan asimilat guna menginisiasi pertumbuhan ratun. Menurut Gardner *et al.* (1991), proporsi sisa hasil fotosintesis yang dimanfaatkan akar dan batang mempengaruhi pertumbuhan anakan ratun yang akan muncul dari tunggul batang. Jika asimilat tersedia cukup, dan tingkat kesuburan batang dapat dipertahankan, maka tunas ratun dapat muncul pada hari kedua hingga hari ke-10 setelah panen tanaman utama.

Terdapat hipotesis bahwa jika akumulasi karbohidrat berlangsung lama, maka potensi produksi ratun dapat ditingkatkan. Hal ini dapat dicapai dengan menunda penuaan daun. Penundaan penuaan daun dapat meningkatkan karbohidrat tunggul tanaman utama sehingga inisiasi tumbuh ratun menjadi lebih baik (Gambar 1). Hasil penelitian Charoen (2003) menunjukkan jumlah anakan ratun menjadi lebih banyak apabila konsentrasi karbohidrat yang tinggi tersedia pada tunggul batang utama saat panen. Varietas sorgum yang daunnya tetap hijau (*stay green*) setelah masak fisiologis telah diidentifikasi sebagai tanaman yang mampu mempertahankan stok karbohidrat yang lebih tinggi dibanding tanaman yang tidak *stay green* (McBee *et al.* 1983). Menurut (Borrell *et al.* 2000), galur/varietas sorgum yang *stay green* merupakan indikator kemampuan tanaman mempertahankan kandungan nitrogen dalam jaringan daun dalam jumlah yang optimal pada stadia pembungaan sampai pengisian biji dengan efisiensi transpirasi yang cukup tinggi. Varietas sorgum yang *stay green* tetap aktif secara fisiologis pada kondisi kekeringan (Duncan *et al.* 1980) dan mengalami kematian akar lebih lambat dan mampu membentuk sistem akar adventif lebih cepat setelah pemotongan batang utama dibanding tanaman yang tidak *stay green* (Zartman 1979).



Gambar 1. Pertumbuhan anakan (tanaman ratun) sorgum yang daunnya tetap hijau atau menunda penuaan daun (*non senescence*) pada stadia berbunga-masak fisiologis dan tanaman sorgum yang mengalami penuaan daun (*senescence*).
Sumber: Duncan *et al.* (1980)

Pupuk dan ketersediaan air berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman ratun. Pertumbuhan ratun bergantung pada komposisi, waktu pemberian, dan dosis pupuk yang diberikan pada tanaman utama dan tanaman ratun, terutama pupuk N. Pupuk N nyata berpengaruh terhadap penampilan tanaman ratun, meningkatkan jumlah anakan dan hasil ratun (Conley 2005). Pada tanaman padi, hasil tanaman ratun meningkat jika dilakukan pemupukan N pada saat 15 hari sebelum panen tanaman utama dan 15 hari setelah panen (Jason 2005).

Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan tanaman ratun adalah panjang pemotongan pada saat panen tanaman utama, pemupukan, dan pengelolaan air. Panjang pemotongan batang tanaman utama dapat mempengaruhi jumlah anakan, periode pertumbuhan, vigor ratun, dan hasil biji (Escalada and Plucknett 1977). Pemotongan batang tanaman utama setinggi 3 cm dari permukaan tanah menghasilkan anakan lebih sedikit sehingga persediaan makanan yang cukup dapat dimanfaatkan dengan baik, dibandingkan dengan pemotongan batang utama setinggi 10 cm yang akan menghasilkan anakan yang banyak.

Waktu Tanam dan Peratunan

Tanaman sorgum dapat dibudidayakan pada daerah kering dan pada musim hujan (Tsuchihashi and Goto 2004, 2005) serta musim kemarau meskipun selama periode musim kemarau hasil dan ukuran panjang ruas batang lebih pendek dan ringan. Budi daya sorgum dengan metode ratun perlu memperhatikan waktu tanam benih dan panen serta peratunan. Penanaman benih sebaiknya dilakukan pada musim hujan dan pembentukan ratun menjelang akhir musim kemarau. Tanaman ratun pada akhir musim kemarau lebih menguntungkan karena sudah adanya perakaran asal tanah masih lembab.

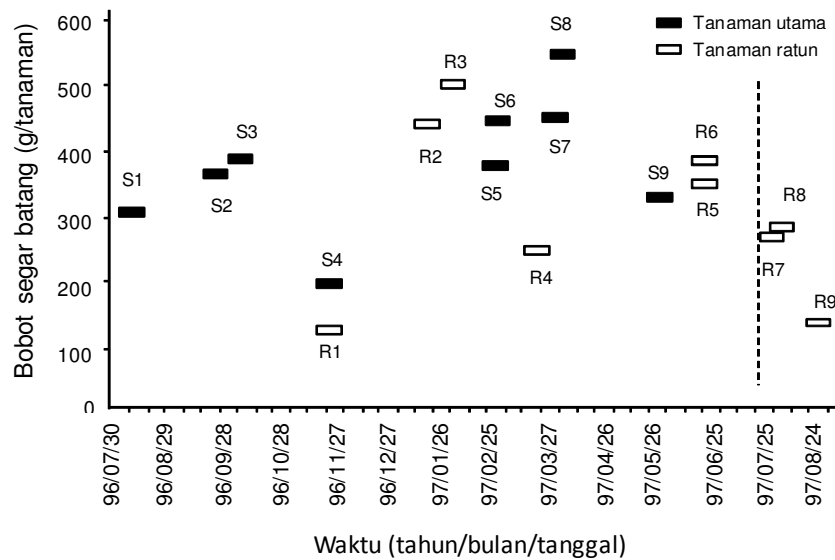
Hasil penelitian Tsuchihashi dan Goto (2008) menunjukkan bahwa saat tanam benih yang baik adalah pada awal dan akhir musim hujan (S1-S2 dan S8-S9) karena tanaman tumbuh optimal dan hasil tinggi. Pada puncak musim kering dan puncak musim hujan (S4 dan S5) daya perkecambahan benih sangat rendah dan bahkan benih yang telah berkecambah adakalanya mati. Hal tersebut menunjukkan tidak mungkin menghasilkan sorgum manis sepanjang tahun hanya mengandalkan tanaman yang berasal dari biji.

Setelah panen tanaman utama (S1-S2) pada awal-akhir musim kemarau, tanaman ratun R1, R2, dan R3 dapat berproduksi cukup baik, sehingga dimungkinkan memulai ratun dari tanaman utama asal benih pada periode S1 dan S2. Hal tersebut menunjukkan terdapat peluang budi daya sorgum sepanjang tahun, dari penanaman benih sampai tanaman ratun pertama dan kedua.

Tabel 10. Waktu tanam dan panen tanaman utama dan ratun sorgum di Sugihwaras Bojonegoro, Jawa Timur, April 1997-Agustus 1998.

Tanaman utama (TU)	Waktu tanam benih atau S (B)	Waktu panen TU dan peratunan (C)	Tanaman ratun (TR)	Panen TR (D)	Curah hujan B - C (mm)	Curah hujan C - D (mm)	Umur panen TU (hari)	Umur panen TR (hari)
S1	April	Agustus	R1	November	523	334	118	112
S2	Juni	September	R2	Januari	202	890	117	119
S3	Juni	Oktober	R3	Februari	127	983	107	120
S4	Juli	November	R4	Maret	264	1.073	124	118
S5	Oktober	Maret	R5	Juni	1.115	701	137	120
S6	Oktober	Maret	R6	Juni	1.034	701	130	120
S7	Desember	April	R7	Juli	988	498	124	105
S8	Desember	April	R8	Agustus	794	449	119	124
S9	Februari	Juni	R9	September	915	22	120	91

Sumber: Tsuchihashi dan Goto (2008)



Gambar 2. Pengaruh saat tanam dan peratunan terhadap biomasa segar batang sorgum.
Sumber: Tsuchihashi dan Goto (2008)

Gambar 2 menunjukkan bobot batang segar paling tinggi dari tanaman utama (*seed cropping*) pada periode penanaman S8, S6, dan S7, penanam pada awal musim hujan (Oktober-Desember) dan panen pada akhir musim hujan (Maret-April). Bobot biomasa segar tertinggi yang diperoleh dari tanaman ratun adalah R2 dan R3, peratunan dilakukan pada September-Oktober (akhir musim kemarau) dan dipanen pada Januari-Februari (musim hujan). Namun bobot batang segar akan terus menurun (R5-R9) bila peratunan dilakukan pada awal musim kemarau (Maret-Juni), pertumbuhan berlangsung selama musim kemarau dan pertumbuhan tanaman ratun pada musim kemarau.

Budi Daya Sorgum dengan Sistem Ratun

Pemotongan batang tanaman utama yang tepat waktu panen adalah pada saat tanaman fase masak fisiologis. Pemotongan batang utama setinggi 5-10 cm di atas permukaan tanah dengan pisau tajam. Tanaman utama yang mengalami serangan hama penggerek batang atau penyakit sebaiknya dicabut yang diikuti oleh pengendalian gulma sesegera mungkin setelah panen tanaman utama. Pemupukan pertama dilakukan dengan 50 kg N dan 20-35 kg P_2O_5 /ha, kemudian tanaman segera diiri jika tidak ada hujan.

Penjarangan anakan dilakukan pada saat tanaman ratun berumur 25-30 hari dengan menyisakan 2-3 anakan per tanaman. Pemupukan kedua dilakukan setelah penjarangan anakan yaitu pada umur 26-31 hari dengan dosis 100-200 kg N/ha.

KESIMPULAN

Sorgum sebagai penyedia pakan hijauan dan biofuel prospektif seiring dengan bertambahnya permintaan pakan hijauan ternak dan tuntutan terhadap energi terbarukan. Tantangan yang dihadapi adalah penyediaan bahan baku dengan kuantitas dan kualitas yang memadai secara berkesinambungan. Hal tersebut dapat dipenuhi dengan budi daya sorgum sepanjang tahun, memanfaatkan lahan marginal, dan menerapkan budi daya gabungan, yaitu penanaman benih kemudian peratunan. Budi daya ratun bermanfaat karena menghemat tenaga, waktu, dan biaya serta dimungkinkan panen sepanjang tahun 2-3 kali. Sistem tanam yang menggabungkan tanaman benih (*seed crop*) dan ratun (*ratoon crop*) dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan air selama musim kering sehingga budi daya sorgum dapat dilakukan sepanjang tahun.

Varietas dengan hasil biji dan biomas yang tinggi serta kemampuan tumbuh ratun yang baik di daerah tropis sangat bermanfaat agar tanaman sorgum dapat diusahakan sepanjang tahun. Perbaikan varietas sorgum untuk mendapatkan varietas dengan hasil biji atau biomas tinggi dan daya ratun yang baik perlu dilakukan melalui program pemuliaan secara konvensional dan molekuler. Selain itu perlu pengembangan teknik budi daya sorgum dengan sistem ratun spesifik lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alicia, J.W., M.K. Richard, K.R. Samuel, J.R. Kenneth, and J.L. Erick. 2008. Ratoon grain sorghum and other seeds for waterfowl in sorghum croplands. Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies 64:106-111.
- Almodares, A. and M.R. Hadi. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. African J. Agri. 4(9):772-780.
- Atmodjo, M.C.T. 2011. Tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) pada berbagai umur tanaman untuk pakan ternak. Seminar Sains dan Teknologi IV. Bandar Lampung 29-30 November 2011. <http://lemlit.unila.ac.id/file/Arsip-2012/Prosiding%20Seminar%20Nasional%20SATEK%20IV/Buku%202/STK%202031.pdf>. Diakses 22 Mei 2012.

- Borrell, A.K., G.L.Hammer, and A.C.L. Douglas. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? I. Leaf growth and senescence. *Crop Sci.* 40:1026-1037.
- Charoen, T. 2003. Ratoon cropping of lodged stubble. The Office of Agricultural Research and Development Region 5. Sapaya District, Chainat Province, 17150 Thailand.
- Conley, S.P. 2005. Grain sorghum ratoon cropping system for semo: final report. missouri soil fertility and fertilizers research update 2004. Agronomy Department College of Agriculture, Food and Natural Resources University.
- Duncan, R.R. and W.A. Gardner. 1984. The influence of ratoon cropping on sweet sorghum yield, sugar production, and insect damage. *Can. J. Plant Sci.* 64:261-273.
- Duncan, R.R., F.R. Mullen, and A.J. Bocrnolr. 1980. Inheritance of tiller regrowth in ratooned sorghum. *Can. J. Plant Sci.* 60:473-478.
- Efendi, R., M. Aqil, dan M. Pabendon. 2013. Evaluasi genotipe sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produksi biomas dan daya ratun tinggi. *Jurnal Tanaman Pangan* No 32.
- Enserink, H.J. 1995. Sorghum agronomy in West Kenya: investigations from a farming systems perspective. Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands.
- Escalada, R.G. and D.L. Plucknett. 1975. Ratoon cropping of sorghum: II. effect of daylength and temperature on tillering and plant development. *Agronomy Journal* 67(4): 479-484.
- Escalada, R.G. and D.L. Plucknett. 1975. Ratoon cropping of sorghum: I. origin, time of appearance, and fate of tillers. *Agronomy Journal* 67:473-478.
- Fanindi, A., S. Yuhaeni, dan H. Wahyu. 2005. Pertumbuhan dan produktivitas tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench dan *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) yang mendapatkan kombinasi pemupukan N, P, K dan Ca. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. p. 872-878.
- Gardner, B., Pearce, and R.L. Mitchell. 1991. Physiology of crop plants. The Iowa State University.
- House, L.R. 1995. A Guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. 238p.
- Ispandi, A. 1986. Kendala budi daya dan pengembangan sorgum di Jawa Timur. Dalam Sudaryono, A. Sumantri, N. Saleh, J.A. Beti, dan A. Winarto (eds). Prospek tanaman sorgum untuk pengembangan

agroindustri. Risalah Simposium. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.

Jason, B. 2005. It's not too early to plant for ratoon rice crop. LSU AgCenter's Rice Research Station in Crowley, Los Angles.

Livingston, S. and D. Coffman. 2003. Ratooning grain sorghum on the Texas Gulf Coast. <http://soilcrop.tamu.edu/publications/pubs/11568.pdf>

Long, S.P., Z. Xin-Guang, L. Shawna, Naidu, and R. Donald. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant Cell and Environment* 29:315-330.

Mahadevappa. 1988. Rice ratooning: Breeding, agronomic practices and seed production potentials. In *Rice Ratooning*, eds. International Rice Research Institute, Los Banos Philippines:IRRI.

Marschner. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Harcourt Brace and Company, London.

McBee, G.G., R.M. Waskom III, F.R. Miller, and R.A. Creelman. 1983. Effect of senescence and non-senescence on carbohydrates in sorghum during late kernel maturity stages. *Crop Science* 23:372-376.

Molina, A.B., R.P. Cabangbang, and R.U. Quintana. 1988. Ratoon performance of selected grain sorghum varieties at three levels of plant population and nitrogen fertilizer. *The Philippine Journal of Crop Science* 2(2):109-122.

Opole, R.A., C.M. Mburu, and J. Lumuli. 2007. Improving ratoon management of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) for increasing yields in western Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings* 8:143-146.

Reddy, B.V.S. and W.D. Dar. 2007. Sweet sorghum for bioethanol. Makalah pada Workshop "Peluang dan Tantangan Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol". Ditjen Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta.

Reddy, B.V.S., S. Ramesh, P.S. Reddy, B. Ramaiah, P.M. Salimath, and R. Kachapur. 2005. Sweet sorghum—a potential alternate raw material for bio-ethanol and bio-energy. *Int. Sorghum Millets Newslett.* 46: 79-86.

Sakellariou, M.M., D. Papalexis, N. Nakos, and I.K. Kalavrouziotis. 2007. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of Sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. *Agricultural Water Management* 90:181-189.

- Schaffert, R.E. and L.M. Gourley. 2002. Sorghum as an energy source. Sorghum in the Eighties proceedings of the International Symposium on Sorghum 2:2-7. ICRISAT Center Patancheru, A.P. India
- Setyowati, M., Hadiatmi, dan Sutoro. 2005. Evaluasi pertumbuhan dan hasil plasma nutfah sorgum (*sorghum vulgare* (l.) moench.) dari tanaman induk dan ratun. Buletin Plasma Nutfah 11(2):41-49.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan, dan industri. Jurnal Litbang Pertanian 22(4):133-140.
- Solaimalai, A., N. Ravisankar, and B. Chandrasekaran. 2001. Water management to sorghum-a review. Agric. Rev.22 (2):115-120.
- Tew, T.L., R.M. Cobill, and E.P. Richard. 2008. Evaluation of sweet sorghum and sorghum $\times$ sudangrass hybrids as feedstocks for ethanol production. Bioenergy Res. 1: 147-152.
- Tsuchihashi, N. and Y. Goto. 2004. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. Plant Prod. Sci. 7:442-448.
- Tsuchihashi, N. and Y. Goto. 2005. Internode characteristics of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) during dry and rainy season in Indonesia. Plant Prod. Sci. 8:601-607.
- Tsuchihashi, N. and Y. Goto. 2008. Year-round cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) through a combination of seed and ratoon cropping in Indonesia savanna. Plant Prod. Sci. 11(3):377-384.
- Whitfield, M.B., M.S. Chinn, and M.W. Veal. 2011. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. Industrial Crops and Products 37:362-375.
- Yudiarto, M.A. 2006. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan baku bioetanol. Fokus Grup Diskusi Prospek Sorgum dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi. Serpong, 5 September 2006.
- Zartman, R.E. and R.T. Woyewodzic. 1979. Root distribution patterns of two hybrid grain sorghums under field conditions. Agronomy Journal 71:325-328.

Pengelolaan Hama pada Tanaman Sorgum

A. Tenrirawe, J. Tandiang, A.M. Adnan, M.S. Pabbage,
Soenartiningih, dan A. Haris
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Hama dan penyakit merupakan salah satu kendala dalam budi daya sorgum, karena serangan yang ditimbulkan dan menyebabkan kehilangan hasil. Ada beberapa hama dan penyakit utama yang sering menyerang tanaman sorgum, yaitu lalat bibit, beberapa spesies penggerek batang, ulat grayak, penggerek buah, kutu daun, kepik, tungau, belalang, burung, uret, dan beberapa spesies hama gudang, sedangkan penyakitnya adalah antraknosa, busuk batang *Fusarium*, penyakit karat, dan hawar daun.

Menurut catatan dan pengamatan serangga hama yang dianggap serius berbeda antarnegara. Di India dan Thailand, hama utama sorgum adalah lalat bibit (*shoot fly*), belalang (*grass hopper*), ulat grayak (*Mythimna* sp), kutu daun (Aphids), penggerek batang (*Chilo partellus* dan *Sesamia inferens*), *Heliothis armigera*, dan *Calocoris anjunctus* (Nwanze *et al.* 1987).

Hasil penelitian Pabbage (2006) menunjukkan spesies hama gudang *Sitophilus* sp, paling cepat berkembang pada biji sorgum, menyusul *tribolium castaneum* yang merupakan hama sekunder.

Menurut Young dan Teetes (1977), pada kondisi yang menguntungkan, populasi *H. zea* dan *S. frugiperda* dapat menyebabkan reduksi hasil secara signifikan dengan memberi makan langsung pada tingkat perkembangan biji sorgum. Lebih lanjut Chamberlin dan All (1991) melaporkan bahwa *H. zea* dan *S. frugiperda* paling merusak whorl pada fase pembentukan biji.

Terdapat sekitar 70 spesies mikrolepidoptera, umumnya famili pyralidae, gelechiidae, tineidae dan oecophoridae, yang berasosiasi dengan bahan simpan, namun hanya beberapa spesies sebagai hama penting dan tersebar luas. Tidak seperti coleoptera, hanya larva lepidoptera yang mampu menembus bahan simpan sampai jauh ke dalam. Pada penyimpanan dengan sistem curah, kerusakan hanya terbatas pada area permukaan, tapi pada gudang dengan sistem tumpuk serangan bisa terjadi di mana saja. Kerusakan yang ditimbulkan umumnya tidak hanya susut jumlah, secara kualitatif juga terjadi kerusakan karena kontaminasi gumpalan yang berasal dari biji yang rusak, kotoran serangga dan benang sutra.

Dalam proses penyimpanan sorgum, hama kumbang bubuk (*S. zeamais*) merupakan kendala utama. Hama ini termasuk dalam ordo Coleoptera, famili Curculionidae, yang merupakan hama gudang utama pada komoditas sereal, terutama di daerah tropis (Dobie *et al.* 1984, Santos *et al.* 1992), dan merupakan hama penting sorgum di tempat penyimpanan.

Beberapa hama dan penyakit penting tanaman sorgum dan cara pengendaliannya dikemukakan dalam tulisan ini.

HAMA TANAMAN SORGUM

Lalat Bibit *Atherigona soccata* Rondani



Bioekologi

Lalat bibit selain menyerang sorgum juga jagung dan millet. Serangga betina meletakkan telur pada tanaman sorgum berumur satu minggu setelah tumbuh. Puncak peletakan telur pada minggu ketujuh. Telur umumnya diletakkan pada daun ketiga dan keempat (Kordali *et al.* 2008). Telur diletakkan satu per satu, umumnya satu per tanaman, sangat jarang 10 telur per tanaman. Pengamatan pada 385 tanaman, telur yang diletakkan 444 biji dan umumnya pada permukaan daun yang bersih (Reddy and Davies 1978). Telur yang telah diletakkan pada umur 2-3 hari akan menetas menjadi larva dan umurnya 10-12 hari sebelum menjadi pupa. Lalat dewasa akan keluar dari pupa yang telah berumur seminggu. Larva berukuran 1,5-7,8 mm dan akan membuat lubang pada batang untuk membentuk pupa. Kerusakan umumnya terjadi pada tanaman sorgum muda, bahkan dapat menyebabkan tanaman muda mati akibat gerkakan larva.

Pengendalian

Kultur teknis. Lalat bibit dapat hidup pada sorgum liar, jagung, dan millet. Oleh karena itu, penyiangan tanaman akan mengurangi intensitas serangan pada tanaman. Waktu tanam segera sesudah hujan akan mengurangi serangan, terlambat tanam akan meningkatkan infestasi lalat bibit (Reddy 1981).

Kimiawi. Beberapa insektisida yang cukup efektif antara lain carbofuran, fensulfothion, isofenphos (Reddy 1981), tetapi secara ekonomi kurang menguntungkan selain berbahaya bagi kesehatan.

Varietas tahan. Pengembangan varietas tahan lalat bibit terus dikembangkan oleh ICRISAT. Telah diketahui ketahanan varietas terhadap lalat bibit bersifat polygenic yang ditentukan oleh banyak gen yang bersifat additive (Reddy 1982). Varietas Pirira-1 dan Pirira-2 cukup tahan terhadap lalat bibit dan telah ditanam secara luas di Afrika Selatan (Berg *et al.* 2005).

Pengendalian biologi. Beberapa musuh alami telah berperan di lapangan seperti parasit telur *Trichogramma kalkae* di Kenya dengan tingkat parasitasi 50-60%, *Aprostocetus* spp. di Nigeria dengan tingkat parasitasi 15-35%, parasit larva instar (1-2) *Tetrastichus nyemitaewus* dengan tingkat parasitasi 10% (Reddy 1981). Namun belum ada yang digunakan secara massal dalam pengendalian lalat bibit.

Penggerek Batang Sorgum



***Busseola fusca* (Fuller), Lepidoptera, Noctuidae.**

Serangga ini dikenal sebagai penggerek batang sorgum Afrika (African sorghum stemborer), merupakan hama utama sorgum di daerah subsahara Afrika pada ketinggian di atas 500 mdpl. Selain sorgum, hama ini juga menyerang tanaman jagung. Belum ada laporan keberadaan hama ini di Indonesia.

Serangga dewasa berwarna coklat tua, meletakkan telur berwarna kuning bening berbentuk lonjong secara berkelompok, 11-25 telur pada pelepah daun muda bagian dalam. Telur akan menetas 7-12 hari setelah diletakkan. Larva muda akan makan pada daun muda yang masih menggulung dan seringkali merusak titik tumbuh. Kemudian larva yang sudah instar lanjut akan melubangi batang dan membentuk pupa. Fase

larva adalah 25-35 hari. Larva generasi kedua akan merusak bagian batang atas tempat biji sorgum. Umumnya terdapat dua generasi per tahun.

Pengendalian

Kultur teknis. Batang sorgum dan residu tanaman yang masih ada di lapangan merupakan sumber populasi awal dari hama penggerek batang ini. Oleh karena itu, batang sorgum perlu dimusnahkan sebelum pertanaman berikutnya. Di Negeria, petani umumnya menggunakan batang sorgum sebagai kayu bakar. Pengolahan tanah yang baik akan merusak pupa penggerek batang sorgum yang berdiapause. Penggunaan sisa tanaman sebagai mulsa sebaiknya dihindari (Reddy 1982). Rotasi tanaman dan tanam seawal mungkin sesudah cukup hujan akan mengurangi serangan hama ini.

Tanaman tahan. Hama ini dapat berkembang hingga dua generasi pada tanaman sorgum, sehingga diperlukan tanaman tahan untuk mengurangi kehilangan hasil, terutama pada generasi kedua. Penelitian di Kenya pada tahun 2010 menunjukkan bahwa genotipe ICSA 467, ICSA 473, dan ICSB 464 tahan terhadap *B. fusca*. Genotipe ini dapat digunakan sebagai sumber ketahanan yang dapat disilangkan dengan varietas yang umum digunakan (Muturi *et al.* 2012).

Pengendalian biologi. Beberapa musuh alami seperti parasitoids *Trichogramma* sp. cukup efektif mengendalikan penggerek batang sorgum *B. fusca* di Ghana dan Afrika Selatan, selain itu beberapa parasitoid yang telah diketahui cukup baik antara lain *Cotesia flavipes*, *C. chilonis*, *Bracon onulei*, dan *Sturmiopsis inferens* dapat diintroduksi pada daerah yang terserang *B. furca* (Harris and Nwanze, 1992).

Diatraea saccharalis Fabricius



Diatraea saccharalis adalah hama penggerek batang tebu yang tersebar di daerah Karisia, Amerika Tengah dan Amerika Selatan, dan negara bagian Amerika Serikat di sekitar teluk Meksiko. Selain menyerang tebu, hama ini juga merusak sorgum, jagung, padi, dan beberapa rerumputan seperti *Paspalum* sp., *Panicum* sp., *Holcus* sp., dan *Andropogon* sp. (Capinera 2009). Telur diletakkan secara berkelompok + 50 buah di atas atau di bawah permukaan daun. Telur berbentuk oval, yang awalnya berwarna putih, kemudian berubah jadi oranye lalu kehitam-hitaman sebelum menetas jadi larva. Fase telur sekitar 6 hari. Larva muda cenderung berkumpul pada pucuk tanaman, makan jaringan daun, dan segera setelah instar kedua akan menggerek masuk batang. Perkembangan larva membutuhkan waktu 25-35 hari dengan 5-6 instar sebelum masuk fase pupa. Fase pupa berkisar antara 8-9 hari di dalam batang tanaman (Capinera 2009).

Kerusakan tanaman akibat larva yang menggerek batang dapat menyebabkan pucuk tanaman mati dan bekas gerakan pada batang dapat menjadi pintu masuk bagi cendawan sehingga batang mudah roboh dan pecah.

Pengendalian

Kultur teknis. Pengolahan tanah yang baik dengan memusnahkan sisa-sisa tanaman dimana pupa masih berdiapause akan mengurangi serangan penggerek batang pada pertanaman berikutnya, dan penanaman lebih awal dapat mengurangi serangan hama ini. Penggunaan sisa tanaman sebagai mulsa perlu dihindari.

Pengendalian biologis. Beberapa musuh alami yang telah dicoba di Amerika Serikat untuk mengendalikan hama ini adalah *Agathis stigmatera* (Hymenoptera: Braconidae), yang diimpor dari Peru dan Argentina, berhasil

dengan baik di Florida dan Louisiana. Pelepasan *Trichogramma* sp. Juga dinilai berhasil tetapi tidak dapat bertahan di lapangan (Capinera 2009).

Varietas Tahan. Penelitian di Brasil menunjukkan sorgum hibrid Br 304 dan CMSxS 9701 relatif tidak terinfeksi oleh *D. saccharalis* (Waquil *et al.* 2001).

***Colocoris angustatus* (Kepik Malai)**

Hama ini dikenal dengan nama “*head bug*”. Nimfa dan dewasa kepik mengisap cairan biji yang mulai berkembang, yang menyebabkan perkembangan biji tidak sempurna hingga tidak berisi. Akibatnya, biji jelek dengan germinasi yang rendah. Kepik dewasa meletakkan telur di dalam biji pada malai yang muncul atau berkembang. Betina dewasa dapat meletakkan telur 150-200 butir dan menetas 5-7 hari setelah diletakkan. Perkembangan nimfa 15-17 hari dan makan biji masak susu hingga biji yang masih lunak (Sharma *et al.* 1997).

Pengendalian

Kultur teknis. Penanaman secara serentak dalam skala luas menggunakan satu varietas menyebabkan fase pembungaan serentak sehingga dapat mengurangi serangan kepik malai.

Kimiawi. Penggunaan beberapa insektisida seperti chlorpyrifos, leptophos, dan carbaryl yang diaplikasikan dua kali cukup efektif mengurangi populasi kepik malai (Reddy 1982).

Uret *Phyllophaga* spp. (Scarabacidae: Coleoptera)



Hama ini dikenal sebagai *white grubs* yang menyerang berbagai tanaman. Larva menyerang atau makan akar tanaman. Akar tanaman sorgum yang berkecambah cukup baik adakalanya dirusak oleh larva hingga tanaman

kerdil atau mati. Satu larva dapat merusak tanaman hingga 0,5 m dalam baris, tanaman mungkin tidak mati tetapi tidak menghasilkan biji.

Kumbang betina hama ini meletakkan telur dalam tanah, 15-20 telur, dengan kedalaman 2,5-2,0 cm. Kumbang dewasa tertarik makan pada pepohonan, karena itu telur biasanya diletakkan sebagian besar dekat dengan daerah yang ada pohon atau belukar. Telur akan menetas 3 minggu setelah diletakkan dan akan makan akar atau kayu yang mulai lapuk. Larva berbentuk huruf C dengan ukuran dapat mencapai 45 mm, siklus hidup cukup panjang yang dapat mencapai satu tahun (Selman 2008).

Pengendalian

Menanam sorgum pada daerah yang sebelumnya ditanami rerumputan sebaiknya dihindari. Pengolahan tanah dengan baik dan dibalik dapat mengurangi serangan hama ini. Penggunaan insektisida dalam tanah seperti carbofuran granule dapat menekan serangan hama, tetapi harganya cukup mahal.

Penelitian Sharma dan Lopez (1991) menunjukkan bahwa varietas/galur IS 17610, IS 17645, IS 21444, IS 19948, IS 25069, dan IS 19949 relatif tidak diserang oleh kepik malai, dengan tingkat kerusakan tanaman yang lebih rendah dibanding varietas/galur CSH1, CSH5, dan CSH9.

Kepik Hijau Pengisap Malai *Nezara viridula*



Ada beberapa spesies hama pengisap malai tanaman sorgum, antara lain *Nysius raphanus* dan *Leptoglossus phyllopus* yang banyak menyerang sorgum di Afrika, *Oebalus pugnax* dan *Chlorochroa ligita* yang penyebarannya terbatas di Amerika, dan *Nezara viridula* yang penyebarannya di hampir seluruh dunia (Teetes *et al.* 1983).

Tanaman inang kepik hijau cukup luas yaitu jagung, kedelai, kacang tanah, kapas, sorgum, padi, tembakau, kentang, cabe, dan sebagainya. Serangga dewasa berwarna hijau merata di seluruh tubuh, berbentuk segilima seperti perisai, sedang nimfa warnanya berbeda-beda, bergantung pada perkembangan instarnya. Awalnya berwarna coklat muda, kemudian hitam bintik putih, selanjutnya hijau dengan bintik hitam dan putih. Telur diletakkan di bawah permukaan daun dengan jumlah yang dapat mencapai 1.100 butir per betina selama hidupnya. Periode telur 4-6 hari, perkembangan telur sampai serangga dewasa berkisar antara 4-8 minggu. Nimfa maupun dewasa merusak tanaman dengan mengisap polong, malai maupun biji tanaman kapas. Sorgum digunakan sebagai tanaman perangkap, karena kepik hijau lebih menyukai sorgum dibanding kapas (Tillman 2006).

Pengendalian

Kultur teknis. Melakukan monitoring di sekitar pertanaman, mungkin ada tanaman lain yang dapat digunakan sebagai perangkap seperti *Crotalaria* sp. Penanaman serempak akan mengurangi perkembangan kepik hijau.

Biologis. Parasit *Trichopoda pennipes* dan *Trichopoda pilipes* cukup berhasil mengendalikan kepik hijau di Hawaii. Lalat ini meletakkan telur pada kepik hijau dewasa, larva akan masuk ke tubuh kepik hijau, makan di dalam dan mematikan kepik hijau. Semut *Pheidole megacephala* dilaporkan dapat memangsa telur dan nimfa muda kepik hijau (Maie and Martin 2007).

Kimiaawi. Pengendalian dengan insektisida sebaiknya pada fase nimfa yang cenderung mengumpul sehingga mudah dikendalikan.

***Chilo sacchariphagus* (Bojer)**

Spesies ini terdapat di Cina, Indonesia, dan Malaysia, dan merupakan hama utama tanaman tebu, dan hama penting sorgum. *Chilo* bertahan pada musim kemarau dan larva ber diapauses. Dalam kondisi kelembaban yang cukup dan suhu meningkat, diapauses akan berhenti dan generasi pertama serangga dewasa muncul. Biasanya massa telur pertama ditemukan pada bibit sorgum 10-15 hari setelah tanam. Instar larva pertama memakan daun muda dekat pangkal lingkaran daun. Gejala ini merupakan indikasi pertama adanya larva *Chilo*. Aktivitas makan terus di whorl sampai larva mencapai instar kedua dan ketiga, kemudian larva instar lanjut membuat terowongan (van Hamburg 1980). Ada dua generasi per tahun. Puncak oviposisi terjadi pada pertengahan Juni untuk generasi pertama dan pada pertengahan Agustus untuk generasi kedua. Kerusakan sorgum oleh *C. sacchariphagus* pada musim semi dilaporkan 65% dan pada musim panas 35%. Kerusakan

tanaman sorgum yang disebabkan oleh penggerek mencapai 32% pada musim semi dan 8% pada musim panas.

Pengendalian

Kultur teknis. Pengaturan kultur teknis dapat membantu mengendalikan hama penggerek batang, termasuk pengolahan tanah dan penggunaan mulsa, pengaturan waktu tanam, jarak tanam, pemupukan dan pengelolaan air, sanitasi tanaman, rotasi tanaman, dan system tumpangsari (Seshu Reddy and Omolo 1985). Tumpangsari sorgum dengan berbagai tanaman polong dapat mengendalikan *C. partellus* dilaporkan dan mengurangi infestasi hama penggerek batang (Mahadevan and Chelliah 1986). Rotasi tanaman dapat menekan populasi penggerek batang dengan menghilangkan tanaman utama (Matlon and Spencer 1984). Amoako-Atta dan Omolo (1983) menemukan bahwa sorgum yang ditumpangsarikan dengan kacang tunggak dapat menekan hama *C. partellus*.

Biologis. *Trichogramma* sp. merupakan parasitoid telur yang efektif mengendalikan penggerek batang (Metcalf and Brenière 1969, Nagarkatti and Nagaradja 1977, Browning and Melton 1987, Pham *et al.* 1995). Pengenalan dan pembentukan *Trichogramma exiguum*, parasitoid telur *C. partellus*, berhasil dikembangkan di India (Jotwani 1982).

Varietas tahan. Beberapa aksesori sorgum telah diuji untuk ketahanan terhadap *C. partellus*, dan beberapa sumber telah diidentifikasi, namun tingkat resistensi berkisar dari rendah sampai sedang (Sharma *et al.* 2003, 2006, Singh 2011). Marulasiddesha *et al.* (2007) telah mengevaluasi 20 sorgum manis dan SSV 7073 paling tahan terhadap hama pemakan daun. ICRISAT mengidentifikasi lebih dari 70 plasma nutfah sorgum yang tahan terhadap hama penggerek batang *C. partellus*. Sharma (1985) juga mencantumkan 34 entri yang diuji, 25 entri diantaranya memiliki ketahanan yang stabil dengan karakteristik agronomis yang baik.

Kimiaawi. Formulasi karbofuran granula yang diaplikasikan langsung ke whorl dapat menekan *C. partellus* meski menggunakan tenaga kerja yang intensif sehingga direkomendasikan sebagai alternatif terakhir (Teetes *et al.* 1983). Sachan dan Rathore (1983) melaporkan peningkatan hasil sorgum sebesar 126% di Uttar Pradesh, India, perlakuan aplikasi 10% butiran forat pada tanah, diikuti oleh aplikasi 4% butiran carbaryl ke whorls daun, dan aplikasi spray carbaryl pada saat pembungaan.

PENGGEREK BUAH

Helicoverpa armigera



Imago betina *H. armigera* meletakkan telur rata-rata 730 butir, telur menetas setelah tiga hari diletakkan. Larva spesies ini terdiri dari lima sampai tujuh instar. Larva berkembang pada suhu 24-27,2°C selama rata-rata 12,8-21,3 hari. Larva serangga memiliki sifat kanibalisme dan mengalami masa prapupa selama 1-4 hari. Masa prapupa dan pupa biasanya terjadi dalam tanah pada kedalaman bergantung pada kekerasan tanah. Pupa umumnya terbentuk pada kedalaman 2,5-17,5 cm. Serangga ini adakalanya berpupa pada permukaan tumpukan limbah tanaman. Pada kondisi lingkungan mendukung, fase pupa bervariasi dari 6 hari pada suhu 35°C sampai 30 hari pada suhu 15°C. Tanaman inang selain sorgum adalah jagung, kapas, dan tomat.

Pengendalian

Hayati. Musuh alami yang digunakan sebagai pengendali hayati dan cukup efektif mengendalikan *Helicoverpa armigera* adalah virus *Helicoverpa armigera*, Nuclear Polyhedrosis Virus (HaNPV). menginfeksi larva. Parasit, *Microplitis demolitor*. yang merupakan parasit pada larva muda. Cendawan, *Metarhizium anisopliae*. menginfeksi larva. Bakteri, *Bacillus thuringiensis*.

Kultur teknis. Pengelolaan tanah yang baik akan merusak pupa yang terbentuk dalam tanah dan dapat mengurangi populasi *H. armigera* berikutnya.

Kimiaawi. Pengendalian larva *H. armigera* dapat dengan penyemprotan insektisida Decis setelah terbentuknya biji sorgum dan diteruskan 1-2 minggu setelah biji mengeras.

Burung Emprit dan Red Quelea

Hama ini menyukai biji sorgum, terutama yang berwarna putih (Numbu) dan juga disenangi petani. Serangan hama burung sulit dikendalikan dan kerusakan dapat mencapai 100%. Pada siang hari burung tidak menyerang, kecuali dalam keadaan cuaca mendung. Di Afrika sebagai tempat asal dan penghasil utama sorgum juga tidak luput dari hama burung. Red quelea adalah salah satu jenis burung hama sorgum, terbang berkoloni menyerupai gumpalan awan, dengan jumlah ribuan bahkan jutaan. Seekor burung dengan bobot badan 40-50 g mampu mengonsumsi 10 g biji sorgum/hari.



Biji sorghum yang telah dimakan burung menimbulkan warna hitam.



Emprit



Manyar



Red quelea jantan dan betina.



Kelompok burung red quelea siap menyerang tanaman.

Pengendalian

- Pemasangan sungkup kertas pada malai muda hingga panen
- Pemasangan jaring/paranet pada waktu tanaman membentuk malai muda hingga panen, namun biayanya cukup tinggi
- Penanaman varietas tahan burung, sorgum dengan warna biji coklat tidak disukai burung.
- Pengendalian dengan pestisida, di Afrika digunakan pestisida berbahan aktif methiocarb untuk mengendalikan hama burung.

HAMA GUDANG



***Sitophilus zeamais* (Motsch) , Coleoptera, Curculionidae**

Bioekologi

Sitophilus zeamais Motsch atau maize weevil atau kumbang bubuk merupakan serangga yang bersifat polifag, selain menyerang sorgum juga menyukai jagung, beras, gandum, kacang tanah, kacang kapri, kedelai, kelapa, dan jambu mente. *S. zeamais* lebih menyukai jagung dan beras. Hama ini merusak biji sorgum dalam penyimpanan dan masih di pertanaman. Telur diletakkan satu per satu pada lubang gerakan di dalam biji. Keperidian imago 300-400 butir telur; stadia telur sekitar 6 hari pada suhu 25°C. Larva menggerek biji dan hidup di dalam biji, umur kurang lebih 20 hari pada suhu 25°C dan kelembaban nisbi 70%. Pupa terbentuk di dalam biji dengan stadia pupa 5-8 hari. Imago yang terbentuk berada di dalam biji selama beberapa hari sebelum membuat lubang keluar. Imago dapat bertahan hidup cukup lama, yaitu 3-5 bulan jika makanan tersedia dan sekitar 36 hari tanpa makanan. Siklus hidupnya 30-45 hari pada kondisi suhu optimum 29°C, kadar air biji 14%, dan kelembaban nisbi 70%. Perkembangan populasi sangat cepat bila bahan disimpan pada kadar air di atas 15%.

***Corcyra cephalonica* (Stainton.)**

Nama umum: Rice moth

Merupakan salah satu hama penting sorgum dan jagung dalam penyimpanan. Toleran terhadap kelembaban tinggi, ditemukan di seluruh dunia, terutama di daerah tropis. Mampu makan biji utuh, lebih sering ditemukan dan cepat berbiak sebagai hama sekunder. Siklus hidup optimum 26-27 hari pada 30-32,5°C dan 70% RH, laju pertumbuhan maksimum 10



ekor/induk. Dewasa bukan penerbang yang baik, praoviposisi 2 hari, meletakkan telur pada malam hari, bisa ditemukan pada bagian yang gelap. Ngengat betina meletakkan telur secara terpisah pada bahan simpan. Seekor ngengat menghasilkan telur berkisar antara 100-300 butir. Telur berbentuk oval, ukuran 0,5 x 0,3 mm, menempel pada bahan pangan atau serat karung. Larva berwarna krem-putih, kecuali bagian kapsul kepala dan protoraks berwarna coklat. Memproduksi benang sutera untuk berpupa, bila dipelihara secara terpisah larva betina mengalami tujuh instar, dan larva jantan enam instar (Russel *et al.* 1980). Cadapan (1988) melaporkan keperidian *C. cephalonica* rata-rata 197 butir per betina. Larva membuat jaringan benang sutra, dan melekatkan beberapa butir sorgum sebagai tempat tinggal larva dan menggerek satu per satu. Perkembangan telur hingga dewasa berkisar antara 30-40 hari. Ngengat berumur 8-10 hari dan tidak memakan bahan simpan. Serangga ini banyak ditemukan pada gudang beras, jagung, dan sorgum.

Sitotroga cerealella

Nama umum : *Angoumois grain moth*

Pada penyimpanan dengan sistem curah, kerusakan hanya terbatas pada area permukaan. Pada penyimpanan di gudang dengan sistem tumpuk, serangan bisa terjadi di mana saja. Dampak kerusakan tidak hanya susut jumlah, secara kualitatif juga terjadi kerusakan karena kontaminasi gumpalan yang berasal dari biji yang rusak, kotoran serangga, dan benang sutra. Spesies *S. cerealella* adalah infestor internal/hama primer sedang yang lainnya adalah infestor eksternal/hama sekunder. Dalam keadaan segar, sayap berwarna coklat abu-abu pucat dengan bintik hitam pada ujungnya, lebih kecil dari ngengat hama gudang lainnya. Pada sereal yang belum diolah, hama ini menyerang biji-bijian, terutama jagung dan sorgum sebelum panen, menyerang lapisan permukaan tumpukan biji-bijian. Serangga dewasa tidak dapat melakukan penetrasi yang dalam dan tidak menghasilkan benang sutera.



Serangga kosmopolitan ini merupakan hama utama penting sorgum di tempat penyimpanan. Ngengat berwarna coklat kekuningan dengan rentang sayap sekitar 13 mm. Belakang sayap memiliki pinggir berambut, lebih panjang dari lebar sayap. Dewasa tidak memakan biji-bijian. Betina meletakkan 400an telur tanpa pandang bulu pada atau antara kernel pada malai di lapangan atau sorgum di penyimpanan. Telur berbentuk oval dan putih, berubah menjadi merah terang dan menetas dalam waktu seminggu. Larva kecil merangkak mencari titik lemah yang akan digunakan untuk masuk kernel dan memakan isinya. Periode hidup larva adalah 2-3 minggu, ngengat muncul sekitar satu minggu setelah pupating (terbentuk pupa).

***Corcyra cephalonica* (Stainton)**
Nama umum: *Rice moth*



Merupakan salah satu hama penting pada penggilingan beras dan tepung. Toleran pada kelembaban tinggi. Ditemukan di seluruh dunia, terutama di daerah tropis. Mampu makan biji utuh dan cepat berbiak sebagai hama sekunder. Siklus hidup optimum 26-27 hari pada suhu 30-32,5°C dan 70%

RH. Ngengat beras merupakan hama sekunder penting di tempat penyimpanan sorgum. Ngengat dewasa pucat keabu-abuan coklat, dengan rentang sayap 14-24 mm, betina meletakkan telur sebanyak 200 butir, telur berwarna putih yang menetas dalam waktu 3-5 hari, berbentuk oval, ukuran 0,5 x 0,3 mm, menempel pada bahan pangan atau serat karung. Larva berwarna krem-putih, kecuali bagian kapsul kepala dan protoraks berwarna coklat. Periode larva adalah 20-30 hari, dan periode kepompong berlangsung 9-10 hari. Larva memproduksi benang sutera untuk berpupa. Praoviposisi 2 hari, meletakkan telur pada malam hari. Pengembangan telur sampai dewasa memerlukan waktu 26 hari. Dewasa bukan penerbang yang baik.

Plodia interpunctella

Nama umum: *Indian meal moth (dried fruit moth)*



Dalam keadaan segar, sayap mempunyai dua warna, krem dan coklat. Larva berwarna krem putih, tanpa bintik hitam pada bagian dasar rambut. Hama utama pada penggilingan tepung, pabrik pengolahan makanan, dan pada buah-buahan kering. Pintalan seperti sutra (*webbing*) dapat menyumbat dan merusak mesin. Siklus hidup optimum 30 hari pada 30°C dan 75% RH. Pertumbuhan maksimum populasi 60 kali/bulan. Telur diletakkan secara acak. Larva bergerak aktif, menghasilkan material seperti sutera dalam jumlah besar. Dewasa berumur pendek, tidak aktif makan, terbang aktif terutama pada waktu fajar dan senja.

Ephestia spp

Nama umum: *Warehouse moths (ngengat gudang)*

Dalam keadaan segar sayap berwarna abu-abu dengan bercak hitam. Larva berwarna merah muda pucat dengan bintik hitam pada bagian dasar rambut. Merupakan hama utama pada penggilingan tepung, pengolahan makanan, dan pada buah-buahan kering. Pintalan seperti sutra yang dihasilkan oleh larva dapat menyumbat dan merusak mesin. Siklus hidup



(*E. cautella*) 28 hari pada suhu optimum 30°C dan 75% RH. Pertumbuhan populasi 60 kali/bulan. Telur diletakkan secara acak. Larva bergerak bebas dan menghasilkan bahan seperti sutra. Dewasa berumur pendek, terbang aktif terutama pada waktu fajar dan senja.

Pengendalian

Pengelolaan tanaman. Serangan selama tanaman di lapangan dapat terjadi jika tongkol terbuka, sehingga mudah terserang kumbang bubuk. Tanaman yang kekeringan dan dengan pemberian pupuk yang rendah menyebabkan tanaman mudah tertular busuk tongkol sehingga dapat diinfeksi oleh kumbang bubuk. Panen yang tepat pada saat jagung mencapai masak fisiologis dapat menekan serangan. Terlambat panen dapat menyebabkan meningkatnya kerusakan biji di penyimpanan.

Varietas tanaman. Penggunaan varietas dengan kandungan asam fenolat tinggi dan kandungan asam amino rendah dapat menekan kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* (Tenrirawe and Tandiabang 2010).

Kebersihan dan pengelolaan gudang. Kebanyakan hama gudang cenderung bersembunyi atau melakukan hibernasi sesudah gudang kosong. Taktik yang digunakan termasuk membersihkan semua struktur gudang dan membakar semua biji yang terkontaminasi dan membuang dari area gudang. Selain itu karung-karung bekas yang masih berisi sisa biji harus dibuang. Semua struktur gudang harus diperbaiki, termasuk dinding yang retak dimana serangga dapat bersembunyi, dan memberi perlakuan insektisida pada dinding maupun plafon gudang.

Pengendalian secara fisik dan mekanis. Pada suhu lebih rendah dari 5°C dan di atas 35°C perkembangan serangga akan berhenti. Penjemuran dapat menghambat perkembangan kumbang bubuk. Sortasi dapat dilakukan dengan memisahkan biji rusak yang terinfeksi oleh serangga dengan biji sehat (utuh).

Bahan tanaman. Bahan nabati yang dapat digunakan adalah daun *Annona* sp., *Hyptis spricigera*, *Lantana camara*, daun *Ageratum conyzoides*, *Chromolaena odorata*, akar *Khaya senegalensis*, *Acorus calamus*, bunga

Pyrethrum sp., *Capsicum* sp., dan tepung biji *Annona* sp. dan *Melia* sp. Hasil penelitian menunjukkan minyak esensial yang mengandung kimia bioaktif dari keluarga tanaman Lamiaceae (Labiatae) mampu mengusir serangga dari produk yang disimpan (Pavela 2009). Kordali *et al.* (2008) juga melaporkan bahwa minyak terisolasi dari *acutidens* *Origanum* Turki dapat menghambat perkembangan jamur. Insektisida dari tanah liat dan *Xylopi* *aethiopica* formulasi minyak esensial terbukti meningkatkan toksisitas dan stabilitas minyak esensial (Nguemtchouin *et al.* 2010).

Pengendalian hayati. Penggunaan agensi patogen dapat mengendalikan kumbang bubuk seperti *Beauveria bassiana* pada konsentrasi 10^9 konidia/ml, takaran 20 ml/kg biji, dengan tingkat mortalitas 50%. Penggunaan parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard) mampu menekan kumbang bubuk.

Fumigasi. Fumigan merupakan senyawa kimia, yang dalam suhu dan tekanan tertentu berbentuk gas, dapat membunuh serangga/hama melalui sistem pernafasan. Fumigasi dapat dilakukan pada tumpukan komoditas kemudian ditutup rapat dengan lembaran plastik. Fumigasi dapat pula dilakukan pada penyimpanan kedap udara seperti penyimpanan dalam silo, menggunakan kaleng yang dibuat kedap udara atau pengemasan dengan menggunakan jerigen plastik, botol yang diisi sampai penuh kemudian mulut botol atau jerigen dilapisi dengan parafin untuk penyimpanan skala kecil. Jenis fumigan yang paling banyak digunakan adalah phospine (PH_3), dan methyl bromida (CH_3Br). Penggunaan bahan nabati dan pengasapan juga akan menurunkan preferensi serangga terhadap sumber makanan (Bedjo 1993, Erlina 1991)

PENYAKIT TANAMAN SORGUM

Penyakit Antraknosa

Penyakit antraknosa pada tanaman sorgum disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum graminicola*. Gejala penyakit ini pada awal infeksi berupa bintik-bintik kecil dan mengalami pelukaan sampai 5 mm, bintik kemudian membesar dan menyatu berwarna ke merah-merahan sampai keunguan atau kekuningan, kemudian daun menjadi layu. Infeksi awal terjadi pada daun bagian bawah, kemudian menyebar ke bagian atas dan juga pada batang serta tangkai malai (Gambar 1).

Kehilangan hasil yang disebabkan oleh penyakit antraknosa pada tanaman sorgum dapat mencapai 50%. Cendawan ini mampu bertahan hidup selain pada tanaman sorgum juga pada tanaman inang yang lain



Gambar 1. Gejala penyakit antraknosa.

atau pada jaringan tanaman yang telah mati. Spora cendawan *Colletotrichum* dapat menyebar melalui angin atau percikan air hujan dan jika spora jatuh/ menempel pada inang yang cocok, dan didukung oleh kondisi lingkungan sesuai, maka cendawan akan berkembang dengan cepat.

Pengendalian

- Rotasi dengan tanaman lain
- Penggunaan varietas tahan
- Sanitasi lingkungan di sekitar pertanaman sorgum
- Penggunaan fungisida yang efektif

Rust (Karat)

Penyakit karat yang menginfeksi tanaman sorgum disebabkan oleh cendawan *Puccinia purpurea*, dan umumnya mempunyai lima stadium spora, yaitu pikniospora, aegiospora, uredospora, teliospora, dan basidiospora. Penyakit ini dapat bertahan hidup dengan membentuk spora seksual (Teliospora) yang mempunyai dinding tebal sehingga tahan terhadap lingkungan yang tidak sesuai. Urediospora yang berbentuk seperti tepung penyebarannya dapat melalui angin. Gejala penyakit karat pada tanaman sorgum umumnya terjadi pada fase generatif, dan jarang dijumpai pada fase vegetatif. Penyakit ini dapat berkembang pada daun dan apabila intensitas penularan tinggi dapat mencapai batang dan malai. Penyakit ini bersifat obligat parasit sehingga untuk bertahan hidup dan berkembang memerlukan jaringan tanaman hidup atau inang alternatif. Kerugian hasil akibat penyakit karat pada sorgum relatif rendah berkisar antara 3,4-13%.



Gambar 2. Gejala penyakit karat pada daun sorgum.

Gejala

Gejala awal penyakit karat pada tanaman sorgum terlihat bercak kecil berwarna merah atau coklat kemerahan dan membentuk semacam pustul. Pustul mempunyai panjang 1-3 mm dan lebar 0,5-2 mm, kemudian berkembang menjadi kumpulan spora. Pada varietas sorgum yang sangat rentan, pustul padat di hampir seluruh permukaan daun sorgum, sehingga mengering dan mengalami kerontokan. Pada varietas tahan, sepertiga bagian posisi daun bagian atas hampir bebas dari penyakit karat (Gambar 2).

Pengendalian

- Penggunaan varietas tahan
- Rotasi tanaman lain
- Penggunaan fungisida dengan bahan aktif dithiocarbamates

Penyakit busuk batang

Penyakit busuk batang pada tanaman sorgum disebabkan oleh cendawan *Fusarium sp.* Dan merusak pada setiap tahap pertumbuhan tanaman sorgum. Akibat penularan penyakit ini pada benih yang baru ditanam, terjadi pembusukan sehingga benih gagal berkecambah atau *damping off*, termasuk bila cendawan ini menginfeksi bagian akar dan batang sorgum sehingga mengalami pembusukan. *Fusarium sp.* juga dapat menginfeksi biji terutama di penyimpanan dan dapat menyebabkan terbentuknya mikotoksin, yaitu *fumonisin* dalam biji sehingga mempengaruhi kualitas biji sebagai pangan atau pakan dan bila dikonsumsi oleh manusia dan hewan dapat merusak kesehatan.

Gejala awal umumnya merusak akar, bila akar dibelah maka pada jaringan bagian dalam terlihat berwarna coklat kemerahan atau coklat keabu-abuan dan mengalami pembusukan, kemudian menjalar ke bagian dalam batang yang menyebabkan empulur menjadi rusak, sehingga batang



Gambar 3. Gejala penyakit busuk batang *Fusarium*.

sorgum menjadi lembek dan busuk, sementara bagian luar tangkai tetap hijau (Gambar 3).

Pengendalian

- Penggunaan varietas tahan penyakit busuk batang
- Pengaturan populasi tanaman melalui jarak tanam yang tidak terlalu rapat
- Pengelolaan stres kekeringan selama tanaman berbunga dan pengisian biji
- Pembuatan drainase yang baik agar tanaman tidak tergenang.



Gambar 4. Gejala penyakit hawar daun.

Penyakit bercak daun

Penyakit hawar daun pada tanaman sorgum disebabkan oleh cendawan *Bipolaris turcicum* atau *Exserochilum turcicum*. Gejala pertama kali muncul berupa bintik kecil berwarna kuning kecoklatan, kemudian membesar berbentuk elips atau melingkar berukuran 3-5 mm., Infeksi pertama pada umumnya terjadi pada daun di bagian bawah kemudian menjalar ke atas dan daun yang terinfeksi akan mengalami nekrosis, Cendawan ini selain merusak daun juga dapat menginfeksi bagian batang dan tangkai bulir apabila tingkat penularan tinggi. Apabila penularan sampai ke bagian malai dan bulir, maka kehilangan hasil yang disebabkan oleh penyakit ini dapat mencapai 50% (Gambar 4).

Pengendalian

- Penggunaan varietas tahan
- Penggunaan fungisida dengan bahan aktif mankozeb + carbendazim

DAFTAR PUSTAKA

- A.I. Karboli, H.H. and A.I. Nakhli. 2008. The economic importance of shoot fly *Atherigona soccata* Rondani on sorghum in Iraq. Arab J. PL. Prot. 26:89-94.
- Amoako-Att a, B. and E.O. Omolo. 1983. Yield losses caused by the stem podborer complex with n maizecowpea- sorghum inter cropping systems in Kenya. Insect Science and its Application 4(1-2):39-46.
- Bedjo. 1993. Pengaruh pengasapan kayu Albizziz terhadap infestasi hama gudang *Sitophilus* sp. Pada penyimpanan jagung. Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Balittan Malang.
- Berg, J. van Den, B. Khorst L., Mgonja, and A.B Obilana. 2005. Resistance of sorghum varieties to the shoot fly, *Atherigona soccara* Rondani. In Southern Africa. International Journal of Pest Management 51(1):1-5.

- Browning, H.W. and C.W. Melton (1987). Indigenous and exotic Trichogrammatids (Hymenoptera:Trichogrammatidae) evaluated for biological control of *Eoreuma loftini* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) borers on sugarcane. *Environ Entomol* 16:360-364.
- Cadapan, E.P. 1988. Trichogramma mass production in the Philippines. Les Colloques de l'INRA 43:305-309.
- Capinera, L.J. 2009. *Diaraea saccharalis* (Fabricius): Lepideptera-Pyralidae. Distribution life cycle, and damage host plant natural enemies and management. Entomology and Nematology Department, University of Florida.
- Chamberlin, J.R. and J.N. All. 1991. Grain sorghum response to fall armyworm and corn earworm infestation. *Journal of Economic Entomology* 84: 619-624.
- Dobie, P, C.P Haines, R.J. Hodges, P.F. Prevet, and D.P. Rees. 1984. Insects and Arachnids of Tropical Stored Products: Their Biologi and Identification. (A Training Manual).
- Erliana, L.E. 1991. Pengaruh bahan nabati, arang dan abu dapur terhadap kerusakan biji jagung dalam penyimpanan. Hasil Penelitian Tanaman Pangan Malang. Balittan Malang.
- Harris, K.M and F. Nwanze 1992. *Busseola fusca*. The African Maize Stalk borer a hand book information ICRICAT and Wallifard WC. CAB International 84 pp.
- Jotwani, M.G. 1982. Factor s reducing sorghum yields: insect pests. Pages 251-255 in *Sorghum in the eighties: proceedings of the International Symposium on Sorghum*, 2- 7 Nov 1981, ICRISAT Center, India. Vol. 1 Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi -Arid Tropics.
- Kartohardjono, A. dan M. Arifin. 2004. Ambang ekonomi ulat grayak, *Mythimna separata* (Lep.: Noctuidae) pada tanaman padi. *Ekologia*. 4(2): 41-46.
- Kishore, P. 1984. Timing and schedule of application of endosulfan to control sorghum stem borer. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 54(5) :415-417.
- Kordali, S., A. Cakir, H. Ozer, R. Cakmakci, M. Kesdek, and E. Mete. 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresources Technology* 99, 8788e8795.

- Mahadevan, N.R. , and S. Chelliah. 1986. Influence of intercropping legumes with sorghum on the infestation of the stem borer, *Chilo pariellus* (Swinhoe) in Tamil Nadu, India. *Tropical Pest Management* 32:162-163.
- Maie, F.L. Ronald, and J.L. Martin. 2007. *Nizara viridula* Linnaeus Crop Knowledge Masters Dept. of Entomology. Hawaii University.
- Marulasiddesha, K.N., M. Sankar, and G.K. Rama. 2007. Short communication. Screening of sorghum genotypes for resistance to damage caused by the stem borer *Chilo partellus* (Swinhoe). *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(1):79-81.
- Matlon, P.J. and D.S. Spencer. 1984. Increasing food production in sub-Saharan Africa : environmental problems and inadequate technological solutions. *American Journal of Agricultural Economics* 66(5):671-676.
- Metcalfe, J.R. and J. Brenière. (1969). Egg parasites (*Trichogramma* spp.) for control of sugar cane moth borers. pp 81-115 In: JR Williams *et al.* (Eds.) *Pests of Sugar Cane*. Elsevier Publishing Company, The Netherlands.
- Muturi, P.W., P. Rubaihayo, M. Mgonja, S. Kyamanywa, H.C. Sharma, and C.T. Hash. 2012. Novel source of sorghum tolerance to the African stem borer, *Busseola fusca*. *African Journal of Plant Science* 6(11):295-302. August 2012. Available online at <http://www.Academicjournals.org/AJPS> DOI:105897/AJPS12.051.
- Nagarkatti, S. and H. Nagaradja (1977). Biosystematics of *Trichogramma* and Trichogrammatoidea species. *Ann Rev Entomol* 22: 157-176.
- Natarajan, K. and S. Chelliah. 1986. Chemical control of shoot fly and stem borer of sorghum. *Pesticides* 20:23-24.
- Nguemtchouin, M.M.G., M.B. Ngassoum, L.S. Ngamo Tinkeu, X. Gaudu, M. Cretin. 2010. Insecticidal formulation based on *Xylopia aethiopica* essential oil and kaolinite clay for maize protection. *Crop Protection* 29, 985e991.
- Nwanze, K.F., H. Kokubu, and g.l. Teetes. 1987. Insect pest of sorghum and their control. In. *Proceeding of 11 th International Congress of Plant Protection*. October 5-9, 1987 Manila. Philippines.
- Pabbage, M.S. 2006. Hubungan antara factor fisik dan kimia biji sorgum dengan pertumbuhan populasi serangga hama gudang. *Prosiding seminar Nasional Jagung*. Pusat penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Litbang. Deptan.

- Pavela, R. 2009. Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Industrial Crops Products* 30, 311e315.
- Pham, B.Q., T.T. Nguyen and V.S. Nguyen. (1995). Results of utilization of *Trichogramma chilonis* for biological control of sugarcane stem borers. pp 125-126 In: *Trichogramma and Other Egg Parasitoids*. Les Colloques de l'INRA No. 73, Cairo, Egypt, 4-7 October 1994. INRA (Eds), Paris 1995.
- Reddy, S.K.V. 1981. Pest management in Sorghum II. Proceedings of the International Symposium on Sorghum. 2 – 7 Nov. 198. ICRISAT, India.
- Reddy, S.K.V. 1982. Pest management in Sorghum. Proceedings of The International Symposium on Sorghum. 2 – 7 Nov. 1982. ICRISAT, India.
- Reddy, S.K.V. and J.C. Davies. 1978. Pests of sorghum and pearl millet, and their parasites and predators, recorded at ICRISAT Center, India, up to December 1977. *Cereal Entomology Progress Report* No. 1. Patancheru, A.P. 502 324, India: International Tropicals. 20 pp. (Limited distribution).
- Russel, V.M., G.G.M. Schulten, and F.A. Roorda. 1980. Laboratory observations on the development of the rice moth *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Galleridae) on millet on sorghum at 28°C and different relative humidities. *Z. Ang. Ent.* 89(5):488-498
- Sachan, G.C. and Y.S. Rathore. 1983. Studies on the complete protection of sorghum crop against insect pests by chemicals and thuricide at various stages of crop growth. *Pesticides* 17(6):15-16.
- Santos, J.P., P.E.O. Guimaraes, and J.M. Waquil. 2002. Resistance to Maize Weevil in Quality Protein Maize Lines and Commercial Corn Hybrids. Ministry of Agriculture. EMBRAPA/National Corn and Sorghum Research Centre.
- Selman, L. 2008. *Phyllophaga* sp. Distribution, description, life cycle and management. University of Nebraska – Lincoln. Publication number EENY-45.
- Seshu Reddy, K.V. and E.O. Omolo. 1985. Sorghum insect pests situation in eastern Africa. Pages 31-36 in Proceedings of the International Sorghum Entomology Workshop, 15-21 Jul 1984, College Station, Texas, USA Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics.
- Sharma, H.C. 1985. Strategies for pest control in sorghum in India. *Tropical Pest Management* 31:167-185.

- Sharma, H.C., M.K. Dhillon, and G. Pampapathy. 2006. Multiple-resistance to sorghum shoot fly, spotted stem borer and sugarcane aphid in sorghum. *International Journal of Tropical Insect Science* 26(4):239–245.
- Sharma, H.C., S.L. Taneja, Kameshwara, and Nao N. Prasada Rao KE. 2003. Evaluation of sorghum germplasm for resistance to insects. Info. Bulletin no. 63. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 184.
- Sharma, H.C. and V.F. Lopez. 1991. Genotypic resistance in sorghum to head bug *Colorosis arjustatus*, Lcthiery, 1991. *Euphytica* 58 Issue 3:193–200.
- Sharma, H.C., V.R. Bhagwat, and P.G. Padmaja. 1997. Techniques to screen sorghums for resistance to insect pests. ICRISAT, Andra Pradesh. India.
- Singh, B.U., K.V. Rao, and H.C. Sharma. 2011. Comparison of selection indices to identify sorghum genotypes resistant to the spotted stem borer, *Chilo partellus* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 31(1–2) 38–51.
- Teetes, G.L., K.V. Seshu Reddy, K. Leuschner, and L.R. House. 1983. Sorghum Insect Identification. Information Bulletin No. 12. ICRISAT. Andra Pradesh India.
- Tenrirawe, A. and J. Tandiang. 2010. The effect of phenolic acid of several quality protein maize lines (QPM) on the resistance to maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Proceeding Workshop International Maize.
- Tillman, P.G. 2006. Sorghum as trap crops for *Nezara viridula* L. in cotton in Southern United States. *Environ. Entomol.* 35(3):771–783.
- Van Hamburg, H. 1980. The grain sorghum stalkborer, *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae): survival and location of larvae at different infestation levels in plants of different ages. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 43(1):71–76.
- Waquil, J.M., Jose A.S.R, Frdolino, G. Santos, A. Ferreira, M.F. Francis, Viella, and E.F. John. 2001. Resistance of commercial hybrids and lines of sorghum to *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera:Pyralidae). Neotrap. *Entomol* 30(40) Londrilia. Dec. 2001.
- Young, W.R. and G.L. Teetes. 1977. Sorghum entomology. *Annual Review of Entomology* 22:193–218.

Penanganan Pascapanen Sorgum

I.U. Firmansyah, Muh. Aqil dan Suarni
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sama dengan padi dan jagung, sorgum membutuhkan pengelolaan pascapanen yang tepat untuk mencegah kehilangan hasil, baik kuantitatif (tercecer, dimakan burung) maupun kualitatif (serangan hama dan penyakit pascapanen). Penanganan pascapanen merupakan salah satu mata rantai penting yang harus mendapat perhatian dalam usahatani sorgum. Walaupun saat ini belum ada standar mutu dalam perdagangan sorgum namun penerapan teknologi pascapanen yang baik, terutama di tingkat petani, diperlukan agar produk biji yang dihasilkan lebih kompetitif.

Sorgum merupakan komoditas serealia yang belum banyak dikonsumsi masyarakat di Indonesia. Padahal kandungan gizi sorgum tidak kalah dengan beras. Kandungan protein sorgum 9-12% dengan asam amino yang cukup baik (Suarni dan Patong 2001). Biji sorgum, terutama yang mempunyai testa atau kulit biji berwarna gelap (coklat), mengandung senyawa anti gizi, yaitu tanin.

Luas areal sorgum di Indonesia cenderung menurun dari waktu ke waktu. Data Direktorat Jenderal Tanaman Pangan tahun 1990 menunjukkan luas tanam sorgum di Indonesia di atas 18.000 ha, namun pada tahun 2011 menurun menjadi 7.695 ha (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan 2012). Seiring dengan perubahan iklim, perhatian pemerintah tertuju pada pengembangan tanaman sorgum mengingat tanaman ini mempunyai daya adaptasi yang luas. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian bekerja sama dengan BUMN (PT Berdikari) telah melakukan ujicoba pengembangan sorgum di Atambua Nusa Tenggara Timur 1500 ha, Sidrap Sulawesi Selatan 3200 ha, Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara 4000 ha. PT. Perkebunan Nusantara XII juga mengembangkan sorgum di Banyuwangi seluas 22 ha.

Sejalan dengan upaya pengembangan sorgum, aspek penanganan pascapanennya perlu mendapat perhatian khusus, karena informasi dan teknologi pascapanen sorgum belum banyak diketahui, seperti panen, pengeringan, penyosohan, dan penyimpanan. Kualitas dan kuantitas hasil panen sorgum sangat ditentukan oleh ketepatan waktu tanam maupun waktu panen, cara panen, dan penanganan pascapanen. Kebiasaan pengeringan biji sorgum dengan membiarkan tanaman di lapang akan berdampak terhadap meningkatnya risiko kehilangan hasil akibat serangan

hama, khususnya burung. Penggunaan fasilitas pengeringan tanaman padi atau jagung untuk mengeringkan sorgum memerlukan modifikasi sesuai dengan bentuk morfologi malai dan biji sorgum. Selain itu sistem penyimpanan yang aman juga sangat diperlukan untuk melindungi biji dari kerusakan akibat serangga, jamur, tikus, dan sebagainya.

Tulisan ini membahas penanganan pascapanen sorgum yang meliputi pemanenan, penjemuran/pengeringan, penyosohan, penyimpanan, dan pemanfaatan biji sorgum untuk bahan produk olahan.

PEMANENAN

Berbeda dengan jagung atau kedelai, biji sorgum yang melekat pada malai tidak mempunyai pelindung (seperti kelobot atau polong) sehingga biji sorgum sangat rentan hilang menjelang panen akibat dimakan burung, serangga, jamur, dan kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Oleh karena itu, apabila saat panen tiba, sorgum sebaiknya segera dipanen dan diproses secepat mungkin untuk menghindari susut mutu dan jumlah.

Tanaman sorgum mempunyai umur panen 100-115 hari, bergantung pada varietas. Varietas Numbu yang saat ini banyak beredar di masyarakat mempunyai umur panen 100-105 hari, Varietas Kawali mempunyai umur panen 100-110 hari. Kedua varietas tersebut dilepas oleh Badan Litbang Pertanian pada tahun 2001 (Aqil *et al.* 2013). Selain berpedoman pada buku deskripsi varietas, waktu panen juga dapat ditentukan dengan melihat ciri-ciri visual pada batang, daun, malai, dan biji. Pemanenan dapat dilakukan



Gambar 1. Tanaman sorgum siap panen.

Tabel 1. Kehilangan hasil biji sorgum pada berbagai tingkatan kadar air panen.

Kadar air (%)	Kehilangan hasil (%)
30	11,2
25	10,0
20	8,7
15	12,5
10	16,3

Sumber: Mc Neill and Montross (2009)

setelah terlihat adanya ciri-ciri seperti daun tanaman telah menguning, malai telah sempurna dan biji telah mengeras. Selain ciri visual, saat panen juga dapat diduga dengan melihat umur bakal biji terbentuk (biasanya pada umur 60-65 hari), dan berdasarkan informasi tersebut waktu panen yang tepat adalah 40-45 hari setelah bakal biji terbentuk. Kadar air biji sorgum pada saat panen bervariasi antara 20-23% (Mc Neill and Montross 2009).

Panen sorgum dilakukan dengan memotong malai menggunakan sabit. Panjang malai yang telah masak fisiologis umumnya bervariasi antara 20-23 cm dan berbentuk ellips kompak. Malai sorgum dipotong sekitar 20 cm dari pangkal/bawah malai dengan sabit. Malai yang telah dipotong selanjutnya dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam karung plastik untuk diproses lebih lanjut. Keterlambatan panen menurunkan hasil sorgum 8-16%, bergantung pada kadar air biji (Tabel 1). Pemanenan pada kadar air tinggi juga dapat meningkatkan kehilangan hasil. Oleh karena itu, untuk menekan kehilangan hasil, pemanenan sebaiknya dilakukan pada kadar air biji 20%.

PENGERINGAN

Pengeringan sorgum dilakukan untuk menurunkan kadar air biji agar aman disimpan dan untuk memudahkan perontokan maka kadar air biji diturunkan menjadi 10-12%. Selama pengeringan berlangsung terjadi proses penguapan air pada biji karena adanya panas dari media pengering, sehingga uap air akan lepas dari permukaan biji ke ruangan di sekeliling tempat pengering (Brooker *et al.* 1974).

Pengeringan diperlukan sebelum perontokan untuk menghindari terjadinya biji pecah saat dirontok. Untuk itu, kadar air biji harus diturunkan menjadi 12-14% kemudian dirontok lalu dikeringkan kembali sampai 10-12% sebelum disimpan dalam jangka waktu tertentu sehingga tidak mudah terserang hama dan terkontaminasi cendawan/jamur (Handerson and Perry 1982).

Keterlambatan proses pengeringan dapat berakibat pada kerusakan biji sorgum khususnya oleh serangan hama kumbang bubuk. Selain itu, proses pengeringan yang terlalu lama atau terlalu cepat dan proses pengeringan yang tidak merata juga dapat menurunkan kualitas biji sorgum. Suhu yang terlalu tinggi atau adanya perubahan suhu yang mendadak juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada biji sorgum yang berdampak langsung terhadap mutu biji (Brooker *et al.* 1974).

Selama proses pengeringan bahan, warna bahan dapat mengalami perubahan. Laju perubahan ini berbanding lurus dengan lama proses pengeringan (Culver and Wrolstad 2008). Warna biji dapat menjadi salah satu indikasi lama proses pengeringan biji sorgum.

Pengeringan Sorgum di Tingkat Petani

Cara pengeringan sorgum yang umum dilakukan petani adalah dengan menjemur di bawah sinar matahari. Penjemuran sorgum langsung di lapang dengan bantuan sinar matahari umumnya dilakukan pada malai yang masih bersatu dengan biji. Efektivitas penjemuran ditentukan oleh 1) ketebalan lapisan pengeringan, 2) suhu dan lama pengeringan, 3) bulk density, dan 4) frekuensi pembalikan (FAO 1999).

Fasilitas penjemuran yang umum digunakan petani adalah a) tanpa alas jemur, malai langsung dikeringkan di atas tanah atau ditepi jalan, b) lembaran plastik atau terpal, c) penjemuran dengan menggantung di tiang bawah kolom rumah, d) penjemuran di atas perapian/dapur petani, dan e) lantai jemur.

Teknis pengeringan dilakukan dengan menyusun malai sorgum di terpal atau lantai jemur dengan ketebalan tumpukan 10-20 cm atau menyesuaikan dengan kondisi fasilitas penjemuran. Semakin tipis ketebalan tumpukan dan semakin sering dilakukan pembalikan maka waktu pengeringan makin sedikit. Di beberapa daerah seperti Soe dan Pulau Rote Ndao Nusa Tenggara Timur, malai sorgum ditumpuk di atas perapian dapur untuk mempercepat pengeringan dan menekan serangan hama kumbang bubuk/sitophilus yang dapat merusak biji.

Lama waktu penjemuran malai sorgum bervariasi antara 5-7 hari dengan asumsi kondisi cuaca cerah. Dengan kisaran waktu tersebut, kadar air biji sorgum akan turun dari 18-20% menjadi 12-14% atau dengan laju penurunan 0,7-1%/hari (Brooker *et al.* 1974). Kriteria untuk mengetahui tingkat kekeringan biji adalah dengan cara menggigit biji sorgum, bila berbunyi maka biji telah kering dan malai siap dirontok. Kriteria lain untuk menentukan kekeringan biji adalah melihat perubahan warna, khususnya pada jenis sorgum biji

putih/coklat. Sorgum yang baru dipanen biasanya berwarna coklat muda namun setelah kering warnanya berubah menjadi coklat tua.

Pengeringan Sorgum dengan Alat Mekanis

Pengeringan secara mekanis adalah pengeringan dengan bantuan alat pengering yang dioperasikan secara mekanis. Beberapa alat pengering mekanis dioperasikan dengan sumber energi panas yang berbeda, antara lain (a) bahan bakar minyak (solar, minyak tanah, premium); (b) bahan bakar limbah pertanian; dan (c) panas energi sinar matahari.

Secara umum, alat pengering untuk jagung juga dapat digunakan untuk mengeringkan sorgum, hanya waktu pengeringannya relatif lebih lama meskipun kadar air biji atau ketebalan lapisan bahan yang dikeringkan sama. Hal ini disebabkan oleh bentuk biji sorgum yang kecil dengan kulit yang alot sehingga menyulitkan aliran udara mengeringkan bagian dalam biji dengan cepat. Laju dan durasi pengeringan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu jumlah aliran udara/panas yang dialirkan dan kapasitas mengikat air dari udara (Samuel *et al.* 2003). Pengeringan tipe *flat bed* memerlukan laju udara pengeringan berkisar antara 0,5-1,5 m³/detik per meter kubik biji sorgum yang dikeringkan, sedangkan untuk pengeringan dengan sistem kontiniu memerlukan laju aliran udara 1,5-2,5 m³/detik per meter kubik biji sorgum (Samuel *et al.* 2003).

Balai Penelitian Tanaman Serealia bekerja sama dengan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao telah mengembangkan alat pengering multikomoditas (jagung, sorgum, padi) dengan sumber panas matahari dan kayu bakar (Prabowo *et al.* 2000). Kapasitas pengeringan mencapai 5-10 ton biji atau malai untuk setiap kali pengeringan. Alat ini umumnya digunakan untuk mengeringkan benih jagung dan sorgum. Pengering sumber panas matahari hanya dioperasikan pada siang hari, sedangkan pengeringan dengan bahan bakar kayu dioperasikan pada malam hari atau apabila cuaca mendung.

Spesifikasi alat pengering yang dirancang Prabowo *et al.* (2000) adalah sebagai berikut: Bangunan pengering terdiri atas lantai semen dengan ukuran 14 m x 12 m. Lantai semen dibuat dengan ketinggian 15-20 cm di atas permukaan tanah agar terhindar dari genangan air. Bagian tepi lantai dibuat dengan kemiringan 5° untuk mengalirkan air. Ukuran luas atap bangunan adalah 10 m x 12 m. Atap bangunan merupakan komponen utama alat pengering energi surya yang berfungsi sebagai kolektor tenaga surya. Arah pemasangan atap adalah Utara-Selatan dengan sudut kemiringan atap 25° dan terpasang pada kedua sisi bangunan.

Kolektor dirancang dengan sistem modul dengan jumlah 32 modul. Masing-masing modul berukuran panjang 600 cm, lebar 75 cm, dan tebal 3 cm dengan urutan susunan modul dari atas: (1) plat seng dicat hitam (sebagai absorber panas), (2) glasswool (sebagai isolator panas), (3) lembaran kertas aluminium, dan (4) kawat ram kasa (ukuran 1 cm x 1 cm) sebagai penguat. Modul kolektor apabila dilihat dari bawah tampak sebagai plafon (ceiling). Udara panas dari modul kolektor energi surya disalurkan ke ruang pengering melalui saluran mendatar sepanjang 12 m dan dialirkan ke bawah melalui saluran tegak sepanjang 6,0 m. Pengaliran udara ke arah bawah dan yang masuk ke plenum mengikuti sistem pengaliran paksa arah bawah (downdraft circulation force), dibantu dengan kipas penarik. Kedua saluran udara (datar dan tegak) mempunyai luas penampang yang sama yaitu 1,0 m² yang disambungkan langsung ke kotak plenum pengering.

Alat pengering dengan sumber panas matahari dan tungku bahan bakar tongkol jagung/kayu telah dioperasikan untuk mengeringkan jagung dan sorgum di Balitsereal sejak tahun 2000, khususnya pada musim hujan. Rata-rata suhu pengering tersebut pada jam 08:00-16:00 berkisar antara 30-45°C, kemudian menurun sampai 25°C pada pukul 17:00. Suhu udara pada kotak pengering yang diamati pada panel kolektor panas bagian atap bangunan pengering (T-k) dan saluran udara pemanas (T-s) masing-masing 30°C dan 55°C. Kelembaban nisbi udara (RH) selama pengamatan berkisar antara



Gambar 2. Konstruksi alat pengering sumber panas matahari dan kayu.
Sumber: Prabowo *et al.* (2000)

Tabel 2. Kadar air keseimbangan biji sorgum (basis basah) pada berbagai kondisi suhu dan kelembaban (ASAE 2001).

RH Suhu °C	Kadar air keseimbangan (%)									
	10	20	30	40	50	60	65	70	80	90
-1,11	6,6	8,4	9,7	11,0	12,1	13,3	14,0	14,7	16,3	18,6
4,44	6,5	8,2	9,6	10,8	11,9	13,1	13,8	14,5	16,1	18,4
10,0	6,3	8,0	9,4	10,6	11,7	12,9	13,6	14,3	15,9	18,2
15,56	6,2	7,9	9,2	10,4	11,5	12,7	13,4	14,1	15,7	18,0
21,11	6,0	7,7	9,0	10,2	11,4	12,6	13,2	13,9	15,5	17,8
26,67	5,9	7,6	8,9	10,1	11,2	12,4	13,0	13,7	15,3	17,6
32,22	5,7	7,4	8,7	9,9	11,0	12,2	12,9	13,5	15,1	18,4
48,89	5,6	7,3	8,6	9,8	10,9	12,1	12,7	13,4	14,9	18,2

80-100% dengan suhu lingkungan (ambient) 21-35°C. Suhu maksimum pada kotak pengering T1-T6 cocok untuk pengeringan benih, dengan kisaran suhu 40-45°C.

Setelah melalui rangkaian proses pengeringan, biji sorgum akan mencapai kadar air keseimbangan (*equilibrium moisture content*). Kadar air keseimbangan biji sorgum dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban relatif udara di sekitar tempat pengeringan. Biji sorgum melakukan respirasi dengan menyerap air dari lingkungan. Biji akan terus menyerap air sampai mencapai titik keseimbangan dengan lingkungan. Tabel 2 menunjukkan nilai kadar air keseimbangan sorgum pada berbagai suhu dan kelembaban. Sebagai contoh, sorgum akan mencapai kadar air keseimbangan 13% apabila dikeringkan pada suhu udara 21,11°C dan kelembaban relatif 70%.

PERONTOKAN

Setelah melalui proses pengeringan dengan menurunkan kadar air dari >20% menjadi 12-14% maka tahapan selanjutnya adalah perontokan atau pemisahan biji dengan malai sorgum. Perontokan secara tradisional banyak dijumpai di petani. Di Demak misalnya petani umumnya merontok sorgum dengan memukul tumpukan malai dengan alu atau kayu dengan kapasitas 15 kg/jam. Setelah dirontok, biji kemudian dibersihkan dengan menampi untuk memisahkan biji dari daun, malai, dan kotoran ikutan lainnya. Di berbagai negara terdapat cara-cara yang unik untuk merontok sorgum. Di India, sorgum diletakkan di tengah jalan untuk digilas oleh kendaraan kecil yang lewat. Metode ini mampu merontok 1-2 ton sorgum per hari.

Balai penelitian Tanaman Serealia telah merancang alat perontok multikomoditas untuk padi dan sorgum dengan tujuan optimalisasi

penggunaan alat sehingga waktu ketidak-terpakaian alat (*idle*) lebih kecil (Firmansyah *et al.* 2003). Hasil perbaikan alsin perontok padi/kedelai untuk sorgum model PSPK-Balitsereal mempunyai kapasitas 343 kg/jam dengan efisiensi 90,2-92,8% pada putaran silinder perontok 500-700 rpm dan laju pengumpanan 6-8 kg/menit. Mesin tersebut juga telah diuji untuk merontok padi dengan kapasitas 220 kg/jam dengan efisiensi 82,9% pada putaran silinder 600 rpm dan laju pengumpanan 7 kg/menit (Gambar 3, Tabel 6)



Gambar 3. Mesin perontok sorgum hasil modifikasi.
Sumber : Firmansyah *et al.* (2003)

Tabel 3. Kinerja prototipe alsin perontok sorgum.

Kinerja perontok	Nilai
Kadar air biji	14-15%
Laju pengumpanan	6-8 kg/menit
Putaran silinder perontok	500-700 rpm
Kapasitas kerja	343,58 kg/jam
Efisiensi perontokan	90,2-92,8%
Kadar kotoran	5,1-13,8%
Persentase biji pecah	0,29-1,69%

Sumber: Firmansyah *et al.* (2003)

PENYIMPANAN SORGUM

Setelah melalui proses perontokan, biji sorgum siap diproses sesuai peruntukannya. Biji sorgum yang akan digunakan untuk konsumsi langsung harus melewati proses penyosohan terlebih dahulu. Penyosohan lapisan kulit luar sorgum diperlukan untuk membuang lapirsan tanin yang rasanya sepat dan mempengaruhi citarasa makanan. Apabila akan dipasarkan, biji tidak perlu disosoh dan langsung dimasukkan ke dalam karung dan disimpan di gudang.

Tujuan penyimpanan produk biji adalah untuk mempertahankan kualitas biji dari kemungkinan faktor lingkungan yang dapat merusak biji sorgum, di antaranya hama, biji berkecambah, dan peningkatan kadar air yang dapat memicu timbulnya jamur. Sorgum dapat disimpan dalam bentuk malai atau biji. Penyimpanan di tingkat petani dilakukan dengan menggantung malai sorgum di atas perapian/dapur. Metode penyimpanan ini selain sebagai pengeringan lanjutan juga untuk mencegah serangan hama kumbang bubuk selama penyimpanan. Namun penyimpanan model ini membutuhkan tempat yang luas (FAO 2001).

Interaksi suhu ruang simpan dan periode simpan berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh dan kadar air benih. Benih yang disimpan pada ruang ber-AC mempunyai daya kecambah dan kecepatan tumbuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan benih yang disimpan pada suhu kamar pada semua periode simpan (Samira *dalam* Arsyad 2003).

Metode penyimpanan biji untuk benih adalah pada ruang berpendingin (*Cool Room*) dengan suhu berkisar 5-10°C. Akan tetapi yang menjadi permasalahan adalah tidak tersedianya fasilitas tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan metode penyimpanan pada suhu kamar dengan kemasan dan lama penyimpanan tertentu. Untuk mengetahui kualitas benih, perlu dilakukan pengukuran daya kecambah sesuai waktu simpan sehingga dapat diketahui berapa lama benih dapat disimpan pada suhu kamar.

Penyimpanan benih sorgum dengan periode simpan 2-8 bulan menyebabkan daya berkecambah, kecepatan tumbuh, panjang akar, panjang pucuk kecambah dan ratio hipokotil menurun, sementara kebocoran membran benih sorgum bertambah besar yang ditunjukkan oleh nilai daya hantar listrik yang meningkat (Tabel 4).

Di daerah tropis, serangga *Sitophilus* sp. merupakan hama gudang utama pada komoditas sereal dan sering dijumpai pada saat biji sorgum masih di lapangan maupun setelah di gudang penyimpanan (Porntip and Sukpraharn 1974, Teetes *et al.* 1983). Hasil survei di Honduras menunjukkan

Tabel 4. Pengaruh penanganan benih terhadap mutu benih sorgum varietas Kawali. Maros, 2012.

Perlakuan	Penyimpanan			
	2 bulan	4 bulan	6 bulan	8 bulan
Daya kecambah (%)	90,28	89,71	89,71	80,28
Kecepatan tumbuh % /etmal	24,47	24,57	23,67	20,71
Berat kering/kecambah (mg)	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005
Panjang akar (cm)	10,85	10,85	10,00	10,14
Panjang pucuk (cm)	5,142	5,71	5,57	5,14
Rasio hipokotil	0,44	0,47	0,58	0,42
Daya hantar listrik (μ /cm/g)	27,57	34,49	33,22	51, 94

Penyimpanan di ruang penyimpanan UPBS Balitsereal, suhu penyimpanan 16-18°C, RH 65-75%, kadar air awal biji sorgum sebelum disimpan untuk benih 9-10%.
Sumber: Arief *et al.* (2013)



Gambar 4. Penyimpanan benih sorgum dalam ruangan pendingin di Balai Penelitian Tanaman Sereal.

Sitophilus sp. hampir selalu ditemukan di gudang penyimpanan sorgum. Selain *Sitophilus* sp. hama lain yang umum ditemui adalah *Rhyzoperta dominica*, *Sitotroga serealella* dan *Ephis cautella* (Hoppe 1986).

Biji sorgum simpanan sangat peka terhadap serangan hama gudang. Biji sorgum yang disimpan pada kadar air awal sekitar 13% setelah terinfeksi hama di lapangan dan disimpan di dalam kaleng dengan tutup kurang rapat dan sering dibuka, kerusakan sekitar 30%, biji sorgum berlubang-lubang setelah disimpan selama tiga bulan dalam suhu kamar. Hasil penelitian penyimpanan biji beberapa galur/varietas sorgum setelah disimpan tiga bulan, sudah mulai terserang hama gudang, termasuk kumbang bubuk *Sitophilus Zeamais* Moisch (Nonci *et al.* 1997, Pabbage *et al.* 1997). Daya tahan simpan tepung sorgum relatif lebih lama dibanding dalam bentuk biji, sampai pada penyimpanan enam bulan masih layak sebagai bahan olahan. Kadar air pada penyimpanan enam bulan masih dapat dipertahankan pada kondisi 10,8% dengan kemasan kantong plastik (Tabel 5).

S. zeamais merupakan hama gudang utama pada komoditas serealia. Tingkat kerusakan yang ditimbulkan dapat mencapai di atas 30%. Faktor yang dapat mempercepat laju perkembangan kumbang bubuk tersebut adalah tingginya kadar air awal penyimpanan, suhu, kelembaban udara, dan rendahnya mutu biji (Bejo 1992). *S. zeamais* umumnya menyerang malai menjelang panen di lapangan dan tempat penyimpanan (Watts and Aslin 1981). Seekor serangga betina dapat meletakkan telur sebanyak 300-500 butir dalam waktu 4-5 bulan dan dalam waktu satu tahun dapat terjadi 5-7 generasi (Anonim 1983). Samuel (1974) dan Anonim (1983) melaporkan selain *S. zeamais*, serangga *Cryptolestus fuscus*, *Tribolium confusum*, *T. castaneum*, *Rhyzoperta dominica*, *Corcyra chevalonica*, dan *Sitotroga cerealella* juga menyerang biji sorgum dalam penyimpanan.

Serangan *S. zeamais* dapat menurunkan bobot biji sangat drastis, sedang pada beras cukup ringan (Morallo and Javier 1980). Kerusakan yang diakibatkan oleh hama gudang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas biji. Penurunan kualitas biji sorgum akibat hama gudang berdampak negatif terhadap produk konsumsi maupun untuk benih.

Tabel 5. Perubahan kadar air tepung sorgum selama penyimpanan.

Kemasan	Kadar air tepung (%) setelah disimpan (bln)			
	0	2	4	6
Karung goni	8,36	8,88	9,47	13,14
Karung plastik	8,36	8,69	8,89	12,77
Karung terigu	8,36	8,55	9,22	12,98
Kantong plastik	8,36	8,45	8,71	10,82
Kantong kertas	8,36	8,41	8,79	11,03

Penyimpanan pada suhu kamar, 25°C

Sumber: Suarni dan Saenong (2000)

PENYOSOHAN

Permasalahan yang umum ditemui dalam penanganan biji sorgum menjadi produk olahan adalah terdapatnya kandungan tanin pada biji. Tanin adalah senyawa polifenol yang berasal dari tumbuhan, berasa pahit dan kelat, yang bereaksi dan menggumpalkan protein, atau berbagai senyawa organik lainnya termasuk asam amino dan alkaloid (Wikipedia 2013). Kandungan tanin yang terdapat pada lapisan kulit ari biji (lapisan testra), bersifat antinutrisi dan dapat menimbulkan antidigestive. Kadar tanin pada biji sorgum berkisar antara 0,4-6,8%, bergantung varietas (Firmansyah *et al.* 2011). Varietas dengan warna biji merah atau coklat biasanya mempunyai kandungan tanin yang lebih tinggi dibandingkan varietas yang warna bijinya putih.

Pelepasan tanin dari lapisan kulit luar sorgum dapat dilakukan melalui penyosohan. Pada prinsipnya penyosohan bertujuan untuk melepas lapisan kulit pericarp dan germ namun lapisan aleuron dan bagian dalam tetap terjaga. Beberapa metode penyosohan di antaranya secara tradisional dengan alu atau lumpang, dengan mesin penyosoh tipe abrasif, dan penyosohan alkalis (Samuel *et al.* 2003). Lama penyosohan bervariasi, bergantung pada tingkat kekerasan biji, cara penyosohan dan peralatan yang digunakan. Penyosohan tradisional menggunakan metode penyosohan basah, diperlukan pembasahan biji selama proses berlangsung. Penyosohan dengan mesin umumnya menggunakan metode penyosohan kering atau tanpa pembasahan biji (Samuel *et al.* 2003).

Penyosohan dengan alu dan lumpang umumnya ditemui di pedesaan seperti di Kabupaten Demak, Wonogiri, dan Selayar (Gambar 5). Penyosohan model ini memanfaatkan gaya tekanan interaktif antara biji sorgum dengan alat serta biji dengan biji. Untuk mempercepat pelepasan kulit maka dalam proses penyosohan ditambahkan air (diperciki). Air yang terdapat dalam lumpang akan menyebabkan terjadinya gumpalan padat kulit biji sorgum. Rendemen penyosohan berkisar antara 70-80%. Penyosohan sorgum secara manual umumnya kurang bersih (masih terdapat ikutan kulit biji) dan masih terasa sepat karena adanya senyawa tanin yang tidak tersosoh (Lubis dan Thahir 1994).

Penyosohan menggunakan peralatan mekanis memanfaatkan gaya abrasif alat dengan permukaan kulit sorgum serta gesekan antara biji dengan biji tanpa diberi air. Oleh karena ruang penyosohan dalam keadaan kering maka kulit biji yang tergesek dan terlepas dengan serpihan-serpihan kecil dalam bentuk dedak dan bekatul. Mesin sosoh sorgum dapat menggunakan mesin penggiling beras tipe *Engelbert*. Penggunaan alat ini menyebabkan kerusakan pada komponen penggiling sehingga menyebabkan banyak beras yang patah saat digiling.



Gambar 5. Alu/lumpang untuk menyosoh sorgum. (Foto: Mandor Buang)

Balai Penelitian Tanaman Serealia telah merancang mesin penyosoh khusus sorgum pada tahun 1995 dengan memodifikasi mesin penyosoh Model TGM-400 buatan Jepang (Lando *et al.* 1998). Modifikasi dilakukan dengan memperpanjang dimensi alat, panjang, dan diameter silinder penyosoh, serta model sarangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemanjangan silinder penyosoh dari 32 mm menjadi 176,2 mm meningkatkan kapasitas penyosohan dari 4 kg/jam menjadi 29 kg/jam pada putaran silinder penyosoh 2500 rpm. Pengembangan dan perbaikan rancangan terus dilakukan dan pada tahun 2010 dihasilkan prototipe baru mesin penyosoh tipe abrasif PSA-M3 yang digerakkan dengan mesin 10 HP. Mesin ini mampu menyosoh biji sorgum dengan kapasitas 40 kg/jam, lebih tinggi dibandingkan dengan generasi pendahulunya yang hanya mampu menyosoh 29 kg/jam (Firmansyah *et al.* 2010). Kapasitas penyosohan berbeda, bergantung pada ukuran biji, kadar air penyosohan, dan tingkat kekerasan biji. Hasil akhir dari penyosohan ini adalah beras sorgum yang sudah bersih dari kulit ari dan siap untuk ditepungkan.

Dimensi biji sorgum varietas lokal Selayar dengan warna biji merah, coklat/hitam dan warna biji putih berbeda. Rata-rata dimensi biji sorgum warna merah adalah panjang 8,13 mm, lebar 3,99 mm dan tebal 2,86 mm, serta biji sorgum warna coklat /hitam adalah panjang 7,88 mm, 3,73 mm, dan 2,86 mm. Warna biji putih, diameternya 3,11 mm. Ketiga varietas jika disosoh dengan mesin sosoh PSA-M3, juga berbeda kualitasnya (Tabel 6).



Gambar 6. Mesin sosoh sorgum tipe abrasif Balai Penelitian Tanaman Sereal

Tabel 6. Kualitas penyosohan (butir sosoh utuh, pecah, menir, rendemen dan kandungan tanin biji sorgum) dengan mesin sosoh tipe abrasive. PSA-M3. Maros, 2010.

Varietas sorgum	Butir sosoh utuh (%)	Butir pecah (%)	Menir (%)	Tanin biji setelah penyosohan (%)
Biji Merah/Lokal Selayar merah	66,32	28,52	5,01	4,33
Biji coklat/hitam	82,08	14,14	3,33	0,99
Putih	84,17	8,77	6,66	0,97

Sumber: Firmansyah *et al.* (2010)

PEMANFAATAN BIJI SORGUM

Biji sorgum yang telah disosoh dapat digunakan untuk bahan diversifikasi pangan melalui substitusi beras atau sebagai bahan pangan alternatif. Badan Ketahanan Pangan telah memasukkan sorgum sebagai salah satu komoditas pendukung diversifikasi pangan nasional. Hasil penelitian Balai Penelitian Tanaman Serealia menunjukkan sorgum dapat mensubstitusi beras sampai 30% dengan cita rasa yang dapat diterima konsumen (Suarni dan Firmansyah 2012). Tekstur tepung sorgum lebih halus dibanding tepung jagung, dan mendekati tekstur terigu. Selain itu beberapa karakter sifat fisikokimia tepung sorgum mendekati terigu. Berdasarkan karakternya, tepung sorgum tersebut dapat mensubstitusi terigu dalam berbagai olahan, misalnya *cake*, *cookies*, dan *rerotian* (Suarni 2005).

Di beberapa negara Afrika seperti Uganda dan Kenya, biji sorgum berkecambah yang telah disangrai, kecambah atau kulit bijinya, selanjutnya diolah menjadi makanan Ugali (*Stifth Oorrid*). Masyarakat perdesaan India mengolah tepung sorgum menjadi roti bakar atau *capati*, yang menjadi makanan pokok sehari-hari. Pada saat ketersediaan beras langka, tepung sorgum dibuat nasi dengan atau tanpa campuran beras. Namun pangan dari tepung sorgum ini ditinggalkan setelah beras tersedia sepanjang tahun.

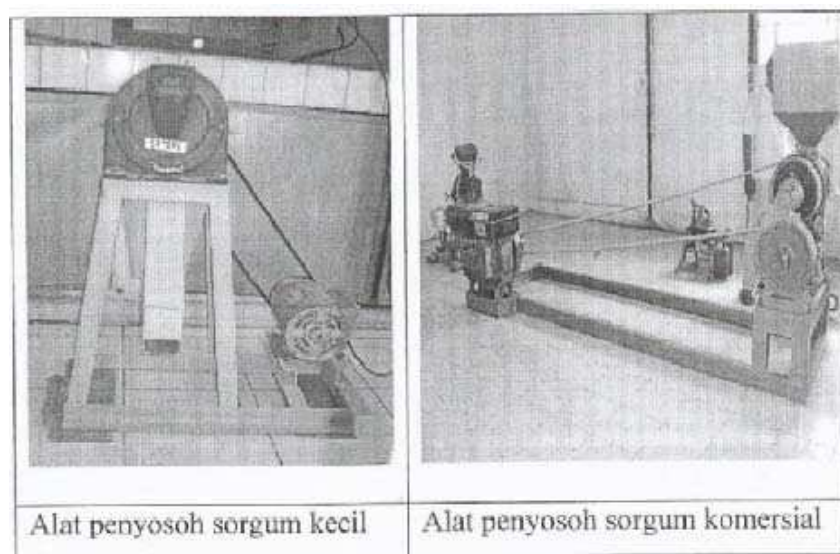
Sorgum sosoh dapat diproses lebih lanjut menjadi tepung. Tepung merupakan bentuk olahan setengah jadi yang sangat dianjurkan, karena luwes, mudah dicampur dan difortifikasi untuk meningkatkan mutu gizinya, awet, hemat ruang penyimpanan dan distribusi (Widowati dan Damardjati 2001). Sorgum sosoh juga dapat diproses menjadi pati. Pati sorgum mempunyai takstur spesifik dan dapat berfungsi sebagai pelembut dalam pengolahan aneka kue. Proses pembuatan pati melalui ekstraksi basah, memerlukan air yang lebih banyak dibandingkan dengan pembuatan tepung. Oleh karena itu, pengolahan sorgum menjadi tepung lebih dianjurkan dibanding pengolahan pati.

Cara Pembuatan Tepung Sorgum

Sorgum merupakan salah satu serealia yang potensial untuk diproses menjadi tepung. Kendala utama pada pembuatan tepung sorgum adalah dalam proses penyosohan, karena kulit ari sorgum keras dan menempel kuat dengan endospermnya. Hal ini bisa diatasi dengan penggilingan sistem grinder batu gerinda. Proses pembuatan tepung sorgum secara garis besar disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses pembuatan tepung sorgum.



Gambar 9. Alat penyosoh biji sorgum.



Gambar 10. Alat penepung beras sorgum.

Biji sorgum dipilih yang telah masak optimum dan telah dikeringkan hingga kadar air maksimal 14%. kemudian biji dibersihkan dari sekam, daun kering, dan benda asing lainnya. Tahap selanjutnya adalah penyosohan sehingga seluruh kulit biji terkelupas. Biji sorgum tanpa kulit ini disebut *dhal*, atau dipasar tradisional dikenal dengan nama beras sorgum.

Dhal digiling menggunakan penggilingan system *hammer mill* sehingga biji terpecah menjadi 3-4 bagian (dikenal dengan nama menir sorgum). Pemisahan lembaga dari endosperm dengan cara mengalirkan menir sorgum ke dalam larutan sodium nitrat yang mempunyai berat jenis 1,3 sehingga endosperm yang akan mengapung ke atas jadi mudah dibuang. Menir sorgum bebas lembaga ditiriskan (untuk mempercepat bisa digunakan alat semacam sentrifus), kemudian dikeringkan hingga kadar air maksimal 12% dan ditepungkan, lolos 80 mesh.

KESIMPULAN

Sorgum memerlukan pengelolaan pascapanen yang tepat untuk mencegah kehilangan hasil, baik kuantitatif (tercecer, dimakan burung) maupun kualitatif (serangan hama dan penyakit pascapanen). Penentuan waktu panen sorgum dapat dilihat dari ciri-ciri visual daun, batang, malai dan warna biji yang menunjukkan biji telah masak fisiologis. Panen sorgum dilakukan dengan memotong malai dan kemudian dimasukkan ke dalam karung/

wadah agar biji tidak tercecer. Pengeringan hasil panen sorgum yang berupa malai yang masih ada biji sorgum segera dikeringkan sampai kadar air 12-14%, kemudian dirontok dengan mesin perontok khusus sorgum.

Penggunaan mesin pengering biji-bijian untuk sorgum dapat mempercepat proses pengeringan dan suhu aliran udara dapat diatur sesuai dengan kadar air biji. Setelah melalui proses pengeringan, sorgum dapat disosoh apabila akan digunakan untuk konsumsi/pangan, kemudian ditepungkan. Apabila akan digunakan sebagai benih, maka biji sorgum tidak disosoh dan disimpan pada kadar air tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1983. Sorgum insect identification handbook. International Crops Research Institute for the Semi arid Tropics. Information Buletin, No.12.
- Aqil, M., C. Rapar, dan Zubachtirodin. 2013. Deskripsi varietas unggul jagung, sorgum dan gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Arief, R., F. Koes, dan O. Komalasari. 2013. Evaluasi mutu benih sorgum dalam gudang penyimpanan. Laporan tengah tahun 2013. Balitsereal. Belum dipublikasikan.
- Arsyad. 2003. Pengaruh cara ekstraksi kondisi simpan dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). Skripsi Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- ASAE Standards. 2002. D254.4. Moisture relationships of grains. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich. <<http://www.asae.org>>.
- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2003. Highlight Hasil Penelitian Tahun 2003. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Bejo. 1992. Pengaruh kadar air awal biji jagung terhadap laju infeksi kumbang bubuk dalam *Astato et al.* (eds.). Risalah Hasil Penelitian Tanaman Pangan Malang Tahun 1991. Balai penelitian Tanaman Pangan Malang. p. 294-298.
- Brooker, D.B., F.W. Baker-Akrkema, and C.W. Hall. Drying cereal grains. 1981. Connecticut: the avi publishing. 265p.
- Culver, C.A. and R.E. Wrolstad. 2008. Color quality of fresh and processed foods. (eds.). ACS Symposium Series 983.

- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, and W.J.H. Van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa: content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology* 5(5):384-395.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2012. Kebijakan direktorat jenderal tanaman pangan dalam pengembangan komoditas serealia untuk mendukung pertanian bioindustri. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Serealia, Maros Sulawesi Selatan.
- FAO. 1999. Sorghum: postharvest operation. Natural Resources Institute (www.fao.org)
- FAO. 2001. Sorghum and millets in human nutrition. (www.Fao.org). Rome.
- Firmansyah, I. U., M. Aqil dan Y. Sinuseng. 2003. Laporan akhir tahun RPTP proses pascapanen pada tanaman jagung dan sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Firmansyah, I.U., M. Aqil, Suarni, M. Hamdani, dan O. Komalasari. 2010. Penekanan kehilangan hasil pada proses perontokan gandum (1,5%) dan penurunan kandungan taninsorgum (mendekati 0%) pada proses penyosohan. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Serealia. Maros. P. 1-40.
- Firmansyah, I.U., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, Y. Sinuseng, F. Koes, dan J. Tandiang. 2004. Teknologi pascapanen primer jagung dan sorgum untuk pangan, pakan, benih yang bermutu dan kompetitif. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 1-35.
- Firmansyah, I. U., M. Aqil, dan Suarni. 2011. Teknologi penekanan kehilangan hasil pada kegiatan perontokan dan penyosohan sorgum. Laporan Akhir Tahun 2011. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Handerson, S.M. and R.L. Perry. 1982. *Agricultural process engineering*. Third edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport Connecticut.
- Hoppe, T. 1986. Storage insects of basic food grain in Honduras. *Trop. Sci.* 26:25-28.
- Lando, T.M., Y. Sinuseng, Suarni, dan B. Prastowo. 1998. Perancangan dan pembuatan mesin menyosoh sorgum. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*.
- Lubis, S. dan R. Thahir. 1994. Uji penampilan alat penyosoh Model Solia-SM60 pada sorgum dan kedelai. Dalam E.E. Ananto, Sumihadi, A. Musaddad dan T. Alihamasyah (ed). *Prosepek Mekanisasi Pertanian Tanaman Pangan*. Puslitbangtan, Bogor.
- Mas'ud, S., M. Yasin, Dj. Baco, dan S. Saenong. 1996. Pengaruh kadar air awal biji sorgum terhadap perkembangan kumbang bubuk *Sitophilus*

zeamais. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit Tanaman Balitjas, hal.119.

Morallo, R.B. and P.A. Javier. 1980. Laboratory assessment of damage caused by *Sitophilus* spp and *Rhizopertha dominica* in stored grain, in sorghum and unillets abstract. CA.B April 1982. 7(1):1-120.

Nonci, N., S. Singgih, Suarni, dan A. Muis. 1997. Tingkat kerusakan biji pada beberapa varietas/galur sorgum oleh hama gudang. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 15(2):28-33.

Pabbage, M.S., Suarni, N. Nonci, dan Masmawati. 1997. Mekanisme resistensi galur/varietas biji sorgum terhadap kumbang bubuk *Sitophilus Zeamais Moisch* (Coleoptera Curclionidap). Prosiding Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia V dan Simposium Etomologi. p. 230-233.

Porntip, V. and C. Sukpraharn. 1974. Current problems of pest of stored products in Thailand. In pest of stored products. Biotrop Special Pub. No. 33. p. 45-53

Prabowo, A., Y. Sinuseng, dan I.G.P. Sarasutha. 2000. Evaluasi alat pengering jagung dengan sumber panas sinar matahari dan pembakaran tongkol jagung. Hasil Penelitian Kelti Fisiologi. Balitjas, Maros.

Samuel, C. Litzen berger. 1974. Guide for field crops in the tropics and the sub tropics. Office of Agriculture Technical Assistance Burean Agency for International Development Washington DC. 20523.

Samuel, G., Mc. Nell, and M.D. Mantross. 2003. Harvesting, drying, and storing grain sorghum. College og Agriculture, University of Kentucky.

Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 23(4):145-151.

Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Potensi sorgum varietas unggul sebagai bahan pangan untuk menunjang agroindustri. Prosiding Lokakarya Nasional BPTP Lampung, Universitas Lampung. Bandar Lampung. p. 541-546.

Suarni dan I.U. Firmansyah. 2012. Potensi sorgum sebagai bahan substitusi beras, terigu dalam diversifikasi pangan. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan. Maros, 3-4 Oktober 2011. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Serealia 2012. p. 598-605.

Struktur, Komposisi Nutrisi dan Teknologi Pengolahan Sorgum

Suarni dan I.U. Firmansyah
Balai Penelitian Tanaman Serealia

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan pangan penting bagi lebih dari 750 juta orang di daerah tropis beriklim kering di Afrika, India, dan Amerika Latin (FSD 2003, Reddy *et al.* 2007). Di Afrika, biji sorgum dikonsumsi dalam bentuk olahan roti, bubur, minuman, berondong, dan kripik (Dicko *et al.* 2006). Di India, tepung sorgum dibuat roti bahan chapati, yang merupakan makanan pokok masyarakat pedesaan. Di Indonesia sorgum merupakan tanaman sereal pangan ke tiga setelah padi dan jagung, namun penggunaannya sebagai bahan pangan menurun tajam setelah ketersediaan beras mencukupi dengan relatif dan harga murah.

Walaupun potensi sorgum di Indonesia cukup besar dengan beragam varietas, tetapi pengembangannya lambat. Banyak masalah yang dihadapi, termasuk aspek sosial, budaya, dan psikologis. Beras dianggap sebagai pangan bergengsi sedang sorgum *inferior food*, sehingga masyarakat enggan makan nasi sorgum. Sorgum merupakan bahan pangan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap sereal lain seperti jagung, gandum, dan beras. Pada tahun 1950-1960 tepung sorgum biasa dibuat nasi pengganti beras, banyak dikonsumsi oleh penduduk di wilayah selatan Jawa, NTB, NTT, dan sebagian Sulsel.

Komoditas ini mempunyai kandungan nutrisi dasar yang tidak kalah penting dibandingkan dengan sereal lainnya, dan mengandung unsur pangan fungsional. Biji sorgum mengandung karbohidrat 73%, lemak 3,5%, dan protein 10%, bergantung pada varietas dan lahan pertanaman (Mudjisihono dan Damarjati 1987, Suarni 2004a). Kelemahan sorgum sebagai bahan pangan adalah kandungan tanin dalam biji. Senyawa polifenol tersebut memberi warna kusam pada produk olahan dengan rasa agak sepat. Selain itu, tanin dikenal sebagai antinutrisi karena menghambat proses daya cerna protein dan karbohidrat dalam tubuh. Bertitik tolak dari hal tersebut, mempromosikan kelebihan sorgum sebagai bahan pangan menjadi penting, terutama fungsi pangan fungsional yang terkandung dalam bijinya. Unsur pangan fungsional dalam biji sorgum antara lain beragamnya antioksidan, mineral terutama Fe, serat, oligosakarida, β -glukan termasuk karbohidrat *non-starch* polysakarida (NSP). Pangan fungsional bermanfaat

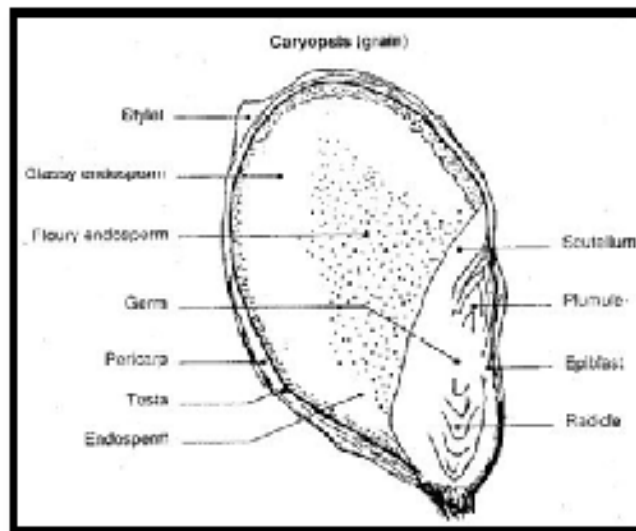
untuk mencegah penyakit yang terkait dengan sistem kekebalan tubuh, endokrin, saraf, pencernaan, sistem sirkulasi, dan sebagainya.

Penggunaan biji sorgum yang lebih prospektif adalah untuk komponen ransum pakan ternak dan bahan industri etanol, seperti yang telah berkembang di negara maju. Tiga komponen hasil panen sorgum, yaitu biji, nira batang, dan bagas (ampas perahan nira) dapat digunakan sebagai bahan baku etanol (Suarni dan Hamdani 2001). Sorgum manis yang batangnya banyak mengandung gula berpotensi sebagai bahan baku gula dan molase untuk pembuatan mono sodium glutamat (MSG).

Kelebihan yang paling mendasar dari sorgum adalah budi dayanya yang mudah, murah, efisien, dan dapat dikembangkan di lahan marginal. Dengan demikian, pengembangan sorgum dapat meningkatkan ketahanan pangan pada daerah miskin nutrisi dan pangan fungsional.

STRUKTUR BIJI DAN KOMPOSISI KIMIA BIJI SORGUM

Struktur biji sorgum secara umum terdiri atas kulit biji, endosperma, lembaga, dan kulit biji (Gambar 1). Komposisi nutrisi dasarnya disajikan pada Tabel 1. Komposisi tersebut bergantung pada varietas, pertanaman, iklim, dan masak fisiologisnya, namun keragamannya tidak terlalu besar.



Gambar 1. Struktur biji sorgum.
Sumber: Hubbard *et al.* (1968)

Tabel 1. Komposisi nutrisi biji sorgum.

Bagian biji	Komposisi nutrisi (%)				
	Pati	Protein	Lemak	Abu	Serat kasar
Biji utuh	73,8	12,3	3,60	1,65	2,2
Endosperma	82,5	12,3	0,63	0,37	1,3
Kulit biji	34,6	6,7	4,90	2,02	8,6
Lembaga	9,8	13,4	18,90	10,36	2,6

Sumber: Hubbard *et al.* (1968)

Pada umumnya biji sorgum berbentuk bulat dengan ukuran 4 x 2,5 x 3,5 mm. Berat biji bervariasi antara 8-50 mg, rata-rata 28 mg. Berdasarkan ukurannya, sorgum dibagi atas sorgum biji kecil (8-10 mg), biji sedang (12-24 mg), dan biji besar (25-35 mg). Warna biji beragam antara putih, putih kecoklatan, merah dan coklat, merupakan salah satu kriteria yang menentukan kegunaannya.

Komponen pati biji sorgum (82,5%) terkonsentrasi pada endosperma, sedangkan pada bagian lembaga kadar lemak (18,9%) dan komponen mineral (19,36%). Komposisi nutrisi bagian biji sorgum dapat menjadi petunjuk pemanfaatannya, sehubungan dengan teknologi pengolahan yang akan digunakan.

Komposisi Nutrisi Dasar Sorgum

Komposisi zat gizi sorgum secara umum relative tidak berbeda dengan sereal lainya seperti jagung, beras, dan gandum. Kekurangan sorgum sebagai bahan pangan adalah mengandung zat antinutrisi, yaitu senyawa tanin yang menyebabkan rasa sepat pada produk olahan.

Karbohidrat

Pati merupakan bentuk simpanan karbohidrat utama di dalam sorgum. Pati terdiri atas dua jenis senyawa polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus berbentuk heliks dengan ikatan glikosidik α -1,4 dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -1,6. Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa berkisar anatar 250-350 unit.

Daya cerna pati, yang menunjukkan kemampuan pati dihidrolisis oleh enzim pankreatik, menentukan kandungan energi tersedia pada sereal. Pengolahan biji-bijian melalui pengukusan, pengolahan bertekanan, *flaking*,

puffing, atau pengecilan ukuran pati akan meningkatkan daya cerna pati sorgum.

Kandungan karbohidrat sorgum relatif lebih rendah (70,7%) dibandingkan dengan sereal lain, dan tertinggi terdapat pada beras pecah kulit (76,0%). Kadar pati sorgum berkisar antara 56-73% dengan rata-rata 69,5%. Pati sorgum terdiri atas amilosa (20-30%) dan amilopektin (70-80%), bergantung pada faktor genetik dan lingkungan.

Protein dan lemak

Secara umum kadar protein sorgum lebih tinggi dari jagung, beras pecah kulit dan jewawut, tetapi lebih rendah dibanding gandum. Kadar lemak sorgum lebih tinggi dibanding beras pecah kulit, gandum, jewawut dan lebih rendah dibanding jagung. Kandungan nutrisi sorgum tidak kalah dengan sereal lain (Tabel 2).

Secara umum protein sorgum lebih tinggi dibanding jagung, beras, jewawut tetapi di bawah gandum. Kandungan protein sorgum relative tidak berbeda dengan jagung dan sebanding dengan mutu protein terigu. Salah satu kriteria mutu protein suatu bahan ditunjukkan oleh komposisi asam aminonya (Tabel 3).

Kadar asam glutamat tepung sorgum (1,39-1,58%) lebih rendah dibandingkan dengan terigu (3,83%). Meskipun asam glutamat bukan termasuk asam amino esensial, namun berpengaruh terhadap sifat sensori produk olahan, terutama dari segi rasa. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji organoleptik roti tawar dengan bahan tepung jagung mensubstitusi terigu hingga 20% (Suarni dan Patong 2002). Tepung sorgum mengandung asam amino leusin (1,31-1,39%) yang lebih tinggi dibandingkan dengan terigu (0,88%), tetapi lisin tepung sorgum hanya 0,16%, lebih rendah dibanding terigu 0,38%.

Tabel 2. Komposisi nutrisi sorgum dan sereal lain (per 100g).

Komoditas	Abu (g)	Lemak (g)	Protein (g)	Karbohidrat (g)	Serat kasar (g)	Energi (kcal)
Sorgum	1,6	3,1	10,4	70,7	2,0	329
Beras pecah kulit	1,3	2,7	7,9	76,0	1,0	362
Jagung	1,2	4,6	9,2	73,0	2,8	358
Gandum	1,6	2,0	11,6	71,0	2,0	342
Jewawut	2,6	1,5	7,7	72,6	3,6	336

Sumber: Dep. Kes. RI (1992)

Tabel 3. Komposisi asam amino penyusun protein tepung sorgum dan terigu.

Asam amino	Komposisi asam amino (%)		
	Sorgum UPCA-S1	Sorgum Isiap Dorado	Terigu
Alanin	0,82	0,85	0,49
Arginin	0,29	0,32	0,73
Asam aspartat	0,63	0,69	0,56
Asam glutamat	1,39	1,58	3,83
Glisin	0,29	0,26	0,56
Isoleusin	0,34	0,28	0,43
Lisin	0,16	0,18	0,38
Fenilalanin	0,27	0,27	0,61
Prolin	0,24	0,29	1,51
Serin	0,33	0,38	0,32
Treonin	0,16	0,15	0,36
Tirosin	0,19	0,22	0,39
Valin	0,53	0,49	0,55
Leusin	1,31	1,39	0,88

Sumber: Suarni (2004b)

Sorgum mengandung 3,1% lemak, lebih tinggi dibandingkan dengan gandum (2%) dan beras pecah kulit (2,7%), namun masih lebih rendah dibandingkan dengan jagung (4,6%). Lemak sorgum terdiri atas tiga fraksi, yaitu fraksi netral (86,2%), glikolipid (3,1%) dan fosfolipid (0,7%).

Hasil penelitian terhadap komposisi nutrisi proksimat dan tanin beberapa galur/varietas sorgum disajikan pada Tabel 4. Keragaman yang relatif besar terdapat pada kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan tanin. Kandungan protein berkisar antara 7,38-9,86%, lemak 1,45-3,80%; karbohidrat 74,5-79,20%, dan tanin 0,30-10,60%.

Kadar tanin tertinggi terdapat pada varietas lokal Batara Tojeng Eja, diikuti oleh Batara Tojeng Bae dan lokal Jeneponto. Varietas Kawali dan Numbu memiliki kandungan tanin rendah, sehingga memudahkan dalam pemanfaatan untuk olahan pangan. Varietas dengan kulit biji berwarna coklat atau gelap cenderung memiliki kandungan tanin lebih tinggi dibandingkan dengan kulit biji berwarna putih atau terang.

Selain mengandung karbohidrat yang tinggi, biji sorgum juga memiliki kadar nutrisi lain yang cukup memadai sebagai bahan pangan. Varietas lokal dari Sulawesi Selatan antara lain Batara Tojeng Eja, Batara Tojeng Bae, Lokal Jeneponto, dan Manggarai/Selayar. Kawali dan Numbu khusus merupakan varietas unggul sorgum untuk pangan rakitan Badan Litbang Pertanian.

Vitamin dan mineral

Sorgum kaya vitamin B kompleks. Di antara vitamin B, kadar tiamin, riboflavin, dan niasin dalam sorgum sebanding dengan jagung (Tabel 5). Kadar vitamin B sorgum, terutama niasin, sangat bervariasi. Kadar tiamin sorgum dan jagung sama dan lebih rendah dibanding beras, gandum, dan jewawut. Sorgum mengandung riboflavin lebih tinggi dibanding gandum dan beras, sedangkan kadar niasin sama dengan beras. Kelebihan sorgum, kandungan besinya relatif lebih tinggi di banding sereal lainya.

Tabel 4. Komposisi nutrisi, tanin beberapa galur/varietas sorgum.

Varietas	Komposisi nutrisi dan tanin (%)						
	Air	Abu	Protein	Serat kasar	Lemak	Karbohidrat	Tanin
Batara Tojeng Eja	9,91	3,35	9,02	3,92	3,80	73,92	10,60
Batara Tojeng Bae	9,01	3,16	9,17	4,84	3,10	75,56	6,66
Lokal Jeneponto	8,72	2,64	9,35	4,30	3,30	75,99	3,67
Isiap Dorado	9,35	2,62	7,98	2,84	2,36	77,69	1,26
ICSP 88013	8,93	2,23	7,69	2,95	3,16	77,99	0,48
ICSV 210	9,43	2,25	7,90	2,55	2,96	77,46	0,30
ICSV I	9,32	2,59	8,62	2,76	2,69	76,78	0,62
ICSH 110	9,04	2,29	8,42	3,52	2,58	77,67	1,71
SPV 462	8,15	2,48	7,38	2,73	2,79	79,20	1,26
IS-3259	11,41	2,79	8,96	3,16	2,31	74,53	1,82
Mandau	11,60	2,16	9,98	3,98	1,99	74,27	3,76
Manggarai/Selayar	12,10	2,82	8,42	3,19	3,02	79,12	1,71
UPCA - S1	11,90	2,28	9,86	4,02	2,12	73,10	3,98
Kawali*	12,14	2,42	8,07	2,59	1,45	75,66	1,08
Numbu*	12,62	2,88	8,12	2,04	1,88	74,50	0,95

Sumber: Suarni dan Singgih (2002), *Suarni dan Firmansyah (2005)

Tabel 5. Kandungan mineral dan vitamin sorgum dan sereal lain (per 100 g, kadar air 12%).

Komoditas	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	Kalsium (mg)	Zat besi (mg)
Sorgum	0,38	0,15	4,3	25	5,4
Beras pecah kulit	0,41	0,04	4,3	33	1,8
Jagung	0,38	0,20	3,6	26	2,7
Gandum	0,41	0,10	5,1	30	3,5
Jewawut	0,42	0,19	1,1	350	3,9

Sumber: Dep. Kes. RI (1992)

Komponen Pangan Fungsional

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak dilakukan, selama ini masih terbatas sebagai bagian dari komponen diversifikasi pangan dan ransum pakan ternak sebagai sumber karbohidrat (Suarni 2004c). Sorgum mengandung serat pangan dalam jumlah tinggi yang dibutuhkan tubuh (*dietary fiber*), berfungsi untuk pencegahan penyakit jantung, obesitas, penurunan hipertensi, menjaga kadar gula darah, dan pencegahan kanker usus. Pada penderita penyakit cardio vaskuler (penyakit jantung koroner/PJK), serat pangan berfungsi mengikat asam empedu sehingga menurunkan kadar kolesterol darah.

Serat pangan tidak dapat dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan manusia tetapi memiliki fungsi yang sangat penting bagi pemeliharaan kesehatan, pencegahan berbagai penyakit, dan sebagai komponen penting dalam terapi gizi. Komponen ini meliputi polisakarida yang tidak dapat dicerna, seperti selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pektin, gum, dan *waxes*. Serat pangan terdiri atas komponen serat larut dan tidak larut. Serat tidak larut berfungsi mempertebal kerapatan campuran makanan dalam saluran pencernaan, mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, antara lain wasir, divertikulus, dan kanker usus besar. Fungsi serat pangan yang larut, terutama memperlambat kecepatan pencernaan di dalam usus, memberikan rasa kenyang yang lebih lama, dan memperlambat kemunculan glukosa darah sehingga insulin yang dibutuhkan untuk mentransfer glukosa ke dalam sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Fungsi tersebut sangat dibutuhkan oleh penderita diabetes (Astawan dan Wresdiyati 2004).

Pengembangan pangan fungsional berbasis polisakarida dari sorgum untuk antikolesterol mempunyai prospek yang baik. Penelitian untuk menggali potensi tepung sorgum sebagai sumber serat pangan terlarut dan tidak terlarut dan pengaruhnya terhadap kolesterol dilakukan oleh Susilowati *et al.* 2010.

Sorgum mengandung mineral Fe yang tinggi dan serat pangan yang dibutuhkan tubuh, yang tidak dimiliki oleh gandum. Unsur mineral Fe sangat membantu dalam pembentukan sel darah merah. Sorgum juga kaya akan mineral Ca, P dan Mg. Mineral Ca berfungsi dalam pembentukan tulang, P berfungsi memelihara pertumbuhan dan kesehatan tulang, dan Mg berfungsi mempertahankan denyut jantung normal dan kekuatan tulang.

Senyawa yang lebih menonjol dari sorgum dibanding jagung adalah komponen polyphenol. Sorgum dengan kandungan tanin (golongan polyphenol) yang tinggi berdampak negatif sebagai bahan pangan maupun pakan. Tanin dalam tepung sorgum yang lebih banyak negatifnya dibanding

positifnya terhadap kesehatan masih menjadi kontroversi. Pembahasan dalam makalah ini menekankan aspek positif dari tanin dalam tepung sorgum sebagai bahan pangan sehat yang potensial untuk dikembangkan.

Senyawaan Polyphenol (Tanin), Asam Fitat, Antosianin

Kekurangan mutu bahan pangan asal sorgum adalah kandungan tanin dan asam fitat. Senyawa tersebut merupakan antinutrisi yang merugikan sistem pencernaan manusia (Elefatio *et al.* 2005). Tanin merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin dapat mengikat protein alkaloid dan gelatin. Golongan fenol dicirikan oleh cincin aromatik dengan satu atau dua gugus hidroksil. Kelompok fenol terdiri atas ribuan senyawa, meliputi flavonoid, fenilpropanoid, asam fenolat, antosianin, pigmen kuinon, melanin, lignin, dan tanin, yang terdapat pada berbagai jenis tumbuhan (Harbone 1996).

Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks dengan sifat yang sangat beragam, mulai dari kemampuan pengendap protein hingga pengkhelat logam. Tanin juga berfungsi sebagai antioksidan biologis. Efek yang disebabkan oleh tanin tidak dapat diprediksi dan merupakan sifat kontroversi. Beragamnya sifat yang dimiliki senyawa tanin dan turunannya sehingga menjadikannya sebagai materi yang diminati oleh peneliti (Harbone 1996). Tanin pada sorgum biasanya berikatan dengan karbohidrat dan membentuk jembatan oksigen sehingga dapat dihidrolisis dengan asam sulfat atau asam klorida. Salah satu contoh tanin adalah gallotanin yang merupakan senyawa gabungan dari karbohidrat dengan asam galat. Selain membentuk gallotanin, dua asam galat akan membentuk tanin terhidrolisis yang disebut ellagitannins.

Ellagitannin sederhana juga disebut ester asam hexahydroxydiphenic (HHDP). Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galat jika dilarutkan dalam air. Dalam metabolisme sekunder yang terjadi pada tumbuhan akan menghasilkan beberapa senyawa yang tidak digunakan sebagai cadangan energy, melainkan untuk menunjang kelangsungan hidupnya seperti untuk pertahanan dari hama penyakit. Beberapa senyawa seperti alkaloid, triterpen, dan golongan phenol merupakan senyawa yang dihasilkan dari metabolisme sekunder.

Asam fitat merupakan bentuk penyimpanan fosfor yang terbesar pada tanaman sereal termasuk sorgum. Senyawa tersebut dapat mengikat mineral dalam bentuk ion sehingga ketersediaan mineral menjadi terganggu dan berpengaruh negatif terhadap defisiensi mineral, terutama zat besi. Pada biji sorgum, asam fitat terdapat dalam sel aleuron dengan kisaran 0,3-1,0% (Hurrell dan Reddy 2003). Menurut Noer (1992), konsentrasi asam fitat

akan menurun pada biji yang berkecambah. Narsih *et al.* (2008) menginformasikan bahwa perlakuan perendaman selama 72 jam dan perkecambahan selama 36 jam menghasilkan sorgum dengan kadar tanin dan fitat terendah, sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai produk pangan. Sayangnya, perkecambahan biji sorgum berpengaruh negatif terhadap rasa dan aroma pangan yang diperoleh dari pengolahan primer tepung secara sederhana.

Antosianin merupakan salah satu kelas utama dari flavonoid yang paling penting dari biji sorgum. Struktur senyawa antosianin dalam biji sorgum tidak seperti antosianin pada umumnya, agak unik, karena tidak memiliki gugus hidroksil pada cincin karbon (C) nomor 3 sehingga dinamakan 3-deoksiantosianin. Keunikan tersebut menyebabkan antosianin pada sorgum lebih stabil pada pH tinggi dibanding antosianin yang berasal dari buah-buahan atau sayuran. Antosianin dari sorgum berpotensi sebagai zat pewarna alami makanan (Awika dan Rooney 2004).

Sorgum hitam mengandung apigeninidin dan luteolinidin tinggi, 36-50% dari total antosianin (Awika *et al.* 2004). Antosianin termasuk komponen flavonoid, turunan poliphenol yang memiliki fungsi pemeliharaan kesehatan, diantaranya sebagai antioksidan (Wang *et al.* 1997), pencegah kelainan jantung koroner dengan mencegah penyempitan pembuluh arteri (Manach *et al.* 2005), dan pencegah kanker (Karainova *et al.* 1990). Dengan demikian, tanin dalam tepung sorgum juga memiliki manfaat positif bagi kesehatan, sehingga tepung sorgum dapat dianjurkan untuk dijadikan olahan pangan fungsional.

Diversifikasi pangan berbasis sorgum masih sebatas bahan sumber karbohidrat. Namun, ke depan diharapkan dapat menjadi komponen penting pangan fungsional sehingga meningkatkan citra sorgum sebagai bahan pangan superior. Peluang pasar pangan fungsional di Indonesia masih terbuka seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat dan pola makan yang mengarah ke hidup sehat. Varietas unggul sorgum berproduktivitas tinggi dan potensial sebagai pangan fungsional dapat tereksplorasi dalam produk siap konsumsi (Suarni dan Subagio 2013).

TEKNOLOGI PENGOLAHAN SORGUM

Teknologi pengolahan sorgum dari biji kering menjadi bahan setengah jadi (sosoh, tepung) relatif sederhana, tetapi untuk menjadi pati memerlukan perlakuan ekstraksi yang agak sulit. Proses penyosohan biji sorgum menjadi biji sosoh dapat menggunakan alat penyosoh mekanis rancangan Balitsereal (Prastowo *et al.* 1996).

Pengaruh Penyosohan dan Penepungan terhadap Komposisi Proksimat dan Tanin Sorgum

Hasil penelitian menunjukkan rendemen sorgum sosoh varietas Span (81%) lebih tinggi dibanding varietas Kawali (72%) dan Numbu (71%) (Tabel 6). Biji sorgum varietas Span lebih keras, sehingga waktu penyosohan biji mudah tersosoh dan tidak banyak yang hancur. Kadar air bahan berpengaruh terhadap proses penyosohan, dianjurkan kadar air bahan kurang dari 14%. Sesuai hasil penelitian Suardi *et al.* (2002), kadar air bahan yang akan disosoh berpengaruh terhadap proses penyosohan sorgum maupun jagung.

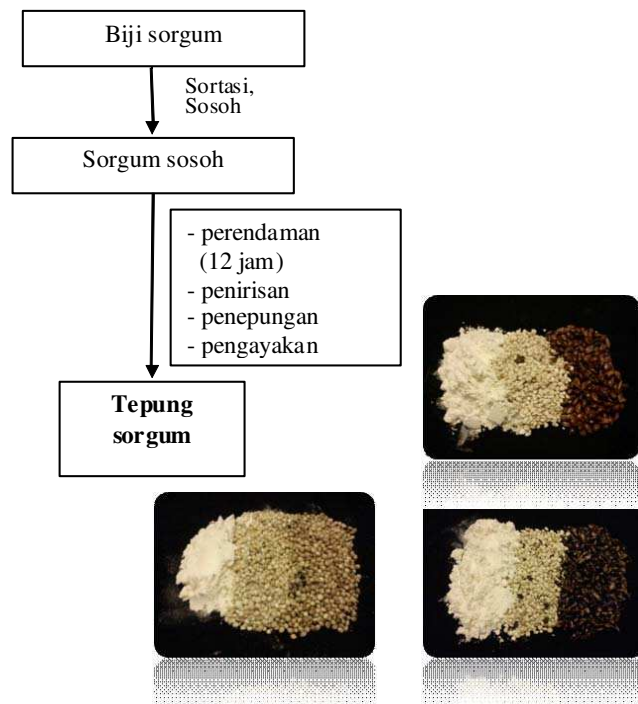
Pada kadar air 14%, penyosohan mengalami kesulitan dalam hal pelepasan aleuron dan lembaga. Hasil sosohan lebih banyak bersatu dengan dedak kasar dan dedak halus, sehingga rendemen sorgum sosoh relatif rendah. Oleh karena itu, sebelum penyosohan, bahan dikeringkan hingga kadar air di bawah 14%. Rendemen tepung sorgum dengan penepungan metode basah lebih tinggi dibanding metode kering. Hal ini disebabkan karena perendaman sorgum sosoh dengan metode basah menyebabkan granula pati, lemak, dan protein mengalami pengembangan dan perubahan struktur, sehingga biji menjadi lunak dan mudah ditepungkan, rendemen tepung lebih tinggi, dan tekstur lebih halus (Tabel 6). Proses tersebut berpengaruh terhadap kandungan nutrisi biji sorgum.

Tabel 6. Kandungan nutrisi, tanin biji dan tepung sorgum.

Varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Lemak (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Tanin (% bb)
Kawali							
Biji	12,14	1,42	1,45	8,07	1,59	76,90	1,08
Sosoh	11,22	1,24	1,15	7,95	1,22	78,44	0,65
Tepung							
Metode basah	11,08	1,02	1,04	6,05	1,05	79,80	-
Metode kering	11,02	1,04	1,02	6,84	1,07	79,08	0,35
Numbu							
Biji	12,62	1,88	1,95	8,12	2,04	75,40	0,95
Sosoh	12,08	1,42	1,82	7,85	1,76	76,82	0,52
Tepung							
Metode basah	11,02	1,12	1,25	6,22	1,24	79,39	-
Metode kering	10,99	1,22	1,32	6,55	1,28	78,92	0,29
Span							
Biji	11,99	1,85	1,89	7,95	1,98	76,30	1,02
Sosoh	11,14	1,57	1,72	7,21	1,70	78,32	0,67
Tepung							
Metode basah	11,08	1,22	1,24	6,68	1,32	79,78	-
Metode kering	10,99	1,18	1,35	7,02	1,42	79,46	0,32

Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)

Dengan penepungan, kandungan protein dan nutrisi lainnya mengalami penurunan. Kandungan tanin (antinutrisi) pada biji sorgum turun di atas 60%. Tepung yang diperoleh dengan metode kering kadar menghasilkan tanin rendah. Dengan metode basah, kandungan tanin tidak terukur. Senyawa tanin (polifenol) merupakan antinutrisi dalam bahan pangan sorgum, yang dapat menghambat penyerapan nutrisi, seperti protein dalam proses enzimatis (Winarno 2002).



Gambar 2. Pembuatan Tepung Sorgum

Catatan: Saringan tepung bervariasi 70 mesh (kue tradisional), 80 mesh (cookies dan sejenisnya), 90 dan 100 mesh (cake, mie, rerotian dan sejenisnya).

Perendaman : Dalam air 12 jam, atau dengan larutan NaHCO_3 0,2% 6 jam

Dalam proses pengolahan biji sorgum menjadi biji tersosoh dan selanjutnya menjadi tepung, terjadi penurunan kadar nutrisi terutama protein. Kadar protein biji sorgum tiga varietas dari semula 7,95-8,07% turun menjadi 6,05-6,68% dalam bentuk tepung metode basah, dan 6,55-7,02% dalam metode kering. Perbedaan ini disebabkan pada metode basah, protein larut dalam air rendaman dan terbuang pada saat pencucian sorgum sosoh sebelum ditepungkan. Penelitian sebelumnya menunjukkan kadar protein sorgum varietas UPCAS1 dan Isiap Dorado turun drastis akibat proses pengolahan biji secara kering menjadi tepung (Mudjisihono 1994, Suarni dan Patong 2002). Hal ini disebabkan karena kandungan protein tertinggi biji sorgum yang terdapat pada bagian lapisan aleuron terkikis pada saat penyosohan (Suarni 2004a).

Keuntungan yang diperoleh dari proses penepungan adalah turunnya kadar tanin, dan pada bahan tepung dengan metode pengolahan basah tidak terukur lagi. Senyawa tanin tidak diinginkan tersisa dalam bahan karena selain menurunkan mutu warna produk olahan juga menurunkan nilai gizi makanan (Winarno 2002).

Kisaran kadar lemak sorgum sosoh berkisar antara 1,15-1,82%, turun menjadi 1,02-1,35% dalam bentuk tepung. Rendahnya kadar lemak pada bahan tepung menguntungkan dalam hal penyimpanan. Senyawa lemak pada bahan dapat mempercepat munculnya rasa tengik akibat oksidasi lemak dan kadar air meningkat, sehingga kondisi bahan menjadi rusak, baik fisik maupun kadar nutrisinya.

Pemanfaatan sorgum dalam bentuk tepung lebih menguntungkan, karena dapat dibuat berbagai ragam olahan makanan. Kelemahan bentuk tepung pada produk akhir seperti kue kering yaitu adanya rasa sepat. Rasa sepat sulit dihilangkan dalam proses pembuatan tepung, karena tanin lolos dalam penyaringan. Senyawa kimia tersebut merupakan antinutrisi yang tidak diinginkan dalam makanan.

Pengaruh Penyosohan terhadap Komposisi dan Sifat Fungsional Tepung Sorgum

Pemanfaatan biji sorgum sebagai bahan pangan harus melalui tahapan penyosohan untuk memperoleh beras sorgum (sorgum sosoh) dan penggilingan untuk menghasilkan tepung sorgum. Penyosohan meningkatkan palatabilitas atau citarasa produk olahan sorgum, namun menurunkan sebagian komponen dan sifat fungsional sorgum.

Proses penyosohan menurunkan nilai gizi karena mengikis lapisan kulit ari yang mengandung komponen gizi, termasuk protein dan lemak. Kadar

serat pangan dan β -glukan sorgum cukup tinggi sehingga memungkinkan sebagai sumber serat pangan. Kadar serat pangan cukup bervariasi, berkisar antara 2-9% (Dicko *et al.* 2006). Hubungan serat pangan dengan pencegahan penyakit degeneratif telah banyak dilaporkan. Serat pangan dapat mencegah kanker usus besar (*colon cancer*) dan polip dalam usus besar (*diverticulitis*), juga menurunkan kadar kolesterol dalam darah (*hipercholesterolemia*).

Sifat Fisikokimia dan Fungsional Tepung Sorgum

Untuk memanfaatkan sorgum sebagai bahan pangan, karakteristik fisikokimia pati setiap varietas sangat penting agar pemilihan varietas lebih sesuai dengan produk yang diinginkan. Pemanfaatan sorgum untuk berbagai produk olahan umumnya dalam bentuk tepung. Suarni dan Zakir (2000) telah mengevaluasi sifat fisikokimia tepung sorgum dengan perlakuan substitusi tepung terigu dalam beberapa konsentrasi tahap substitusi, menggunakan tepung sorgum UPCA-S1. Tingkat substitusi tepung sorgum yang masih dapat ditoleransi adalah hingga 10% dengan kadar gluten 10,91%, nilai pengendapan 25,8 ml, aktivitas diastatik 394 mg maltosa/10g tepung, dan kadar amilosa 25,9%. Untuk produk roti tawar dan mie, toleransi substitusi tepung sorgum berkisar antara 10-20%. Penambahan surfaktan pada adonan substitusi tepung sorgum terhadap terigu berkisar antara 25-30% untuk produk roti tawar (Suarni dan Zakir 2003).

Suarni dan Firmansyah (2005) mengevaluasi sifat fisikokimia dan amilograf tepung sorgum varietas Kawali, Numbu, dan Span. Penepungan menggunakan metode basah dengan tahapan proses penyosohan, perendaman, penirisan, selanjutnya penepungan dan pengeringan tepung dengan sinar matahari hingga kadar air di bawah 12%. Kelebihan metode basah adalah rendemen tepung lebih tinggi, tekstur tepung lebih halus, dan kadar tanin sangat rendah. Sifat fisikokimia dan amilograf tepung dari tiga varietas sorgum disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Sifat fisikokimia dan rendemen tepung sorgum.

Varietas	DSA (%)	DSM (%)	Emulsi (%)	Derajat putih	Rendemen		Tekstur
					Amilosa (%)	tepung (%)	
Kawali	15,11	7,35	39,2	91,01	25,79	67,14	Halus
Numbu	15,12	6,06	40,0	82,12	24,96	66,45	Halus
Span	16,12	7,46	36,4	79,91	25,35	72,50	Halus

DSA=Daya Serap Air; DSM=Daya Serap Minyak

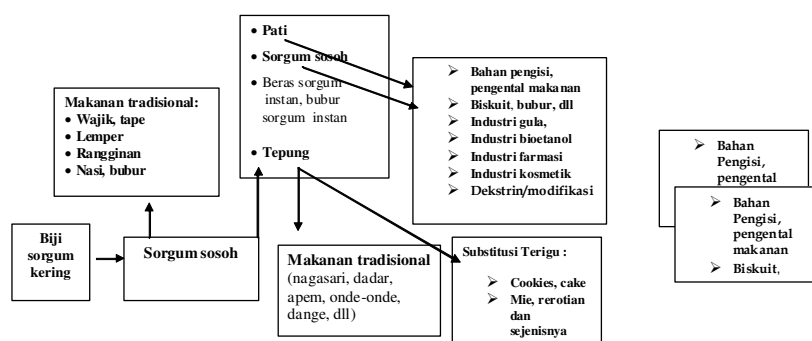
Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)

Tabel 9. Sifat amilograf tepung sorgum.

Varietas	Awal gelatinisasi		Granulai pati pecah			Viscositas	
	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viscositas (BU)	Dingin (BU)	Balik (BU)
Kawali	29,5	76,5	42,5	92,0	360	650	600
Numbu	29,0	74,5	40,0	93,0	270	720	640
Span	29,5	72,5	42,0	92,5	380	650	600

BU=Brabender Unit

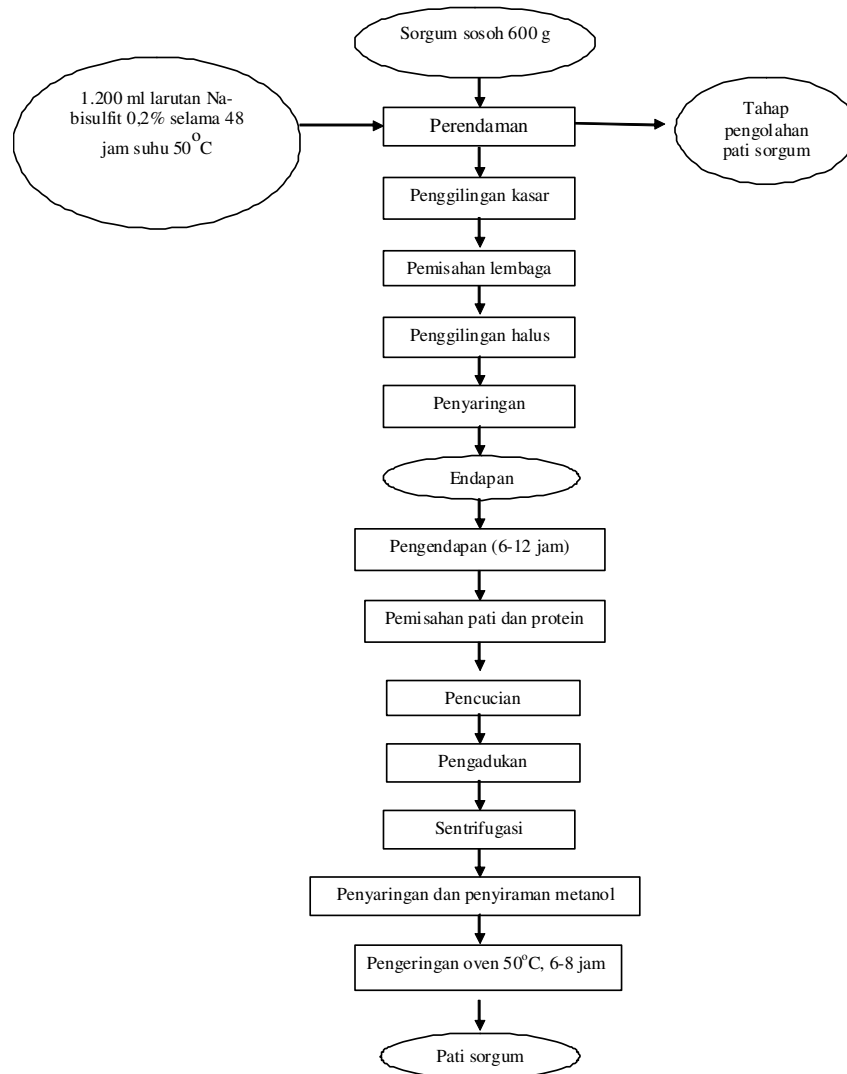
Sumber: Suarni dan Firmansyah (2005)



Gambar 3. Tahapan diagram pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dan industri
Sumber: suarni 2010

Kandungan amilosa tepung tiga varietas sorgum termasuk sedang, sesuai untuk pangan, mendekati terigu (20-25%). Rasio amilosa dan amilopektin sangat menentukan produk akhir bahan makanan. Sifat amilograf bahan pangan menjadi dasar pemilihan varietas sorgum yang sesuai dengan produk yang diinginkan. Proses awal gelatinisasi dibutuhkan waktu 31 menit. Suhu awal gelatinisasi tepung ke tiga varietas berkisar antara 72,5-76,5°C (Tabel 9).

Hingga saat ini Indonesia masih mengimpor pati/dekstrin dalam bentuk pati alami maupun yang telah dimodifikasi, pada hal sorgum termasuk sumber pati yang memadai. Pembuatan pati sorgum relatif lebih sulit dibanding tepung, yaitu melalui proses sortasi, penyosohan, perendaman, dan ekstrak pati dengan berbagai metode. Tahapan pengolahan sorgum sosoh menjadi pati disajikan pada (Gambar 4).



Gambar 4. Tahapan proses pengolahan pati sorgum sebagai bahan pangan dan industri
Sumber: Suarni (2010)

Pemanfaatan Sorgum (Sosoh, Tepung dan Pati)

Biji sorgum dalam bentuk sosoh dapat diolah menjadi makanan tradisional, antara lain wajik, tape, dan rangginan (sorgum ketan). Hal ini menunjukkan sorgum dapat mensubsititusi beras ketan yang harganya relatif mahal Rp 11.000/kg (Suarni 2010). Sorgum pulut juga dapat dibuat brem (Widowati

et al. 1996), sedangkan sorgum nonpulut diolah menjadi tortilla sorgum, berondong sorgum, nasi sorgum, dan bubur sorgum. Teknologi instanisasi menghasilkan nasi sorgum instan, bubur sorgum instan. Nasi sorgum instan mengandung protein 9,31%, karbohidrat 89,5%, lemak 0,88%, amilosa 32%, serat pangan 8,8%, daya cerna pati 61,64%, dan daya cerna protein 73,93%, yang menghasilkan energi 403 kkal/100 g (Widowati *et al.* 2010).

Di Indonesia telah tersedia resep pemanfaatan tepung sorgum menjadi aneka produk makanan, seperti mi, rerotian, aneka cake, ragam cookies dan brem serta makanan tradisional (apem, nagasari, dodol, dadar, onde-onde dan lainnya) (Mudjisihono dan Damardjati 1987, Mudjisihono 1994, Ginting dan Kusbiantoro 1995, Widowati *et al.* 1995, Suarni dan Prastowo 1995, Suarni 2004a).

Penambahan bumbu spekek (terdiri dari rempah-rempah) dapat menekan rasa sepat, berkhasiat untuk kesehatan, dan berfungsi menambah rasa spesifik produk olahan kue kering. Penambahan 0,5-1 sendok teh bumbu spekek pada resep standar olahan cukup efektif menekan rasa sepat dengan tingkat penerimaan “baik” oleh responden (Suarni 2009).

Kelebihan terigu adalah kandungan glutennya yang prima dan tidak dimiliki oleh tepung sorgum. Hal ini justru menjadikan olahan berbasis tepung sorgum sesuai dengan konsumen penderita alergi gluten (Schober *et al.* 2007). Hal ini merupakan nilai tambah bagi produk olahan berbasis tepung sorgum.

Mutu tepung sorgum dapat diperbaiki dengan metode enzimatik. Modifikasi tepung dengan enzim α -amilase dari kecambah kacang hijau menunjukkan perbaikan sifat fisikokimia tepung sorgum dan peningkatan nilai nutrisinya, terutama kadar proteinnya menjadi 14,5% untuk varietas Kawali. Kecambah kacang hijau yang kaya nutrisi dan pangan fungsional terbawa ke dalam tepung sorgum termodifikasi yang sesuai untuk produk olahan bertekstur lunak (Suarni dan Ubbe 2005).

Sorgum sebagai sumber pati dapat dijadikan bahan baku industri dekstrin, gula, bioetanol, farmasi, dan kosmetik. Pati sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi, pengental makanan, dapat dibuat bubur, biskuit, dan olahan sejenisnya. Komposisi rasio amilosa/amilopektin adalah 25% : 75% pada varietas Numbu dan Kawali yang sesuai untuk industri produk olahan tersebut.

Sorgum memiliki komposisi pati 70-80% (Suarni 2004c), yang potensial sebagai bioetanol bahan bakar nabati. Pati sorgum dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Metode hidrolisis dapat dilakukan dengan katalis asam dan secara enzimatik. Metode hidrolisis secara enzimatik lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan

dibandingkan dengan katalis asam. Proses hidrolisis secara enzimatis terbagi menjadi dua, yaitu liquifikasi dan sakarifikasi. Setelah dihidrolisis, glukosa fermentasi ditambah *yeast* sehingga diperoleh bioetanol. Liquifikasi dan fermentasi merupakan salah satu proses yang penting dalam konversi sorgum menjadi bioetanol. Liquifikasi merupakan proses mengubah pati menjadi gula kompleks (dekstrin), sedangkan sakarifikasi mengubah dekstrin menjadi gula sederhana (glukosa).

Herlinda (2011) menggunakan *Yeast Pichia Stipitis* dalam proses fermentasi setelah dilakukan hidrolisis pati sorgum. Pemilihan *yeast* dalam proses fermentasi juga berpengaruh terhadap hasil fermentasi. Karakteristik dari setiap *yeast* dalam memfermentasikan gula menjadi bioetanol berbeda-beda. Gula digunakan oleh *yeast* untuk beraktivitas sehingga menghasilkan bioetanol sebagai metabolit primer.

PENUTUP

Komposisi kimia dan nutrisi biji sorgum setara dengan sereal lainya seperti jagung, beras, dan terigu. Sogum potensial sebagai bahan diversifikasi pangan, baik makanan pokok maupun kudapan. Varietas sorgum nonpulut beramilosa sedang seperti Span, Kawali, dan Numbu dalam bentuk tepung berperan penting sebagai bahan substitusi terigu.

Pati sorgum dapat digunakan sebagai bahan industri bioetanol, dekstrin, gula, farmasi, kosmetik, dan lainya. Tanaman sorgum potensial sebagai bahan baku bioethanol, baik dari pati dan nira maupun ampas produk olahan.

Sorgum dengan kandungan tanin menjadikannya sebagai bahan pangan spesifik. Dalam kadar rendah, tanin sorgum berfungsi sebagai antioksidan, tetapi dalam konsentrasi tinggi sebagai antinutrisi. Dengan adanya tanin dan antosianin yang bersifat senyawa antioksidan serta kaya akan serat pangan, sorgum merupakan bahan pangan fungsional yang prospektif.

Hasil penelitian terutama pemanfaatan sorgum telah banyak, namun belum banyak diadopsi masyarakat. Hal ini perlu pemikiran, terutama terkait dengan aspek sosial-ekonomi dan penyuluhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Review: sorghum phytochemical and their potential impact on human health. *J. Phytochemistry* 65: 1199-1221.
- Awika, J.M., L.W. Rooney, and R.D. Waniska. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their oxidant properties. *J. Food Chemistry* 90:293-301.
- Astawan, M. dan T. Wresdiyati. 2004. Diet sehat dengan makanan berserat. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- DEPKES RI (Departemen Kesehatan Republik Indonesia). 1992. Daftar komposisi bahan makanan. Jakarta: Bhratara.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, and W.J.H. Van Berkel. 2006. Sorghum grain as human food in Africa, relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology* 5(5):384-395.
- Elefatio, T., E. Matuschek, and U.L.V. Svanberg. 2005. Fermentation and enzym treatment of tannin sorghum gruels: effect on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron.
- FSD (Food Security Department). 2003. Sorghum: post-harvest operations. <http://www.fao.org/inpho/compend/text/ch07.htm>.
- Ginting, E. dan B. Kusbiantoro. 1995. Penggunaan tepung sorgum komposit sebagai bahan dasar dalam pengolahan kue basah (*cake*). *Dalam Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Tanaman Industri*. Edisi Khusus Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (4):256-263.
- Harbone, J.B. 1996. Metode fitokimia cara modern menganalisis tumbuhan. Diterjemahkan Kokasih Padmawinata dan Iwang Sudiro. Edisi ke dua. ITB. Bandung. p. 102-108.
- Herlinda, Y., 2011. Pembuatan bioetanol dari nira sorgum dengan proses fermentasi menggunakan Yeast *Pichia Stipitis*. Skripsi. Universitas Riau.
- Hubbard, J.E., H.H. Hall, and F.R. Earle. 1968. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chem.* 27: 415-420.
- Hurrell, F.R. and M.B. Reddy. 2003. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *The American J. of Clinical Nutrition* 77(5): 1213-1219.
- Karainova, M., D. Drenska, and R. Ochrov. 1990. A modification of toxic effects of platinum complexes with anthocyanins. *Eks. Med. Morfol.* 29:19-24.

- Klucinec, J.D. and D.B. Thompson. 1999. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed high-amylose starches. *Journal Cereal Chem.* 76(2):282-291.
- Manach, C., A. Mazur, and A. Scalbert. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Curr Opin Lipidol.* 16:77-84.
- Mudjisihono, R. 1994. Studi pembuatan roti campuran tepung jagung dan sorgum. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 4(1): 16-22.
- Mudjisihono, R. dan D.S. Damardjati. 1987. Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* VI(I):1-5.
- Mudjisihono, R., S. Widowati, D.S. Damardjati dan N. Widaningsih. 1986. Pengaruh bentuk olahan terhadap mutu protein biji sorghum (*Sorghum vulgare*). *Media Penelitian Sukamandi.* p. 1986 : 30-34.
- Narsih, Yunianta, dan Harijono. 2008. Studi lama perendaman dan lama perkecambahan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) untuk menghasilkan tepung rendah tanin dan fitat. *Jurnal Teknologi Pertanian* 9(3):173-180.
- Noer, Z. 1992. Senyawa antigizi. Pusat Pangan Antar-Universitas. Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.
- Prastowo, B., Suarni, Y. Sinuseng, Suwardi, dan Subhana. 1996. Rekayasa teknologi mesin penepung sorgum dan jewawut. Hasil Penelitian dan Pengembangan Alat dan Mesin Pertanian. Tahun XV-1995/1996. hal. 77-98.
- Reddy, B.V.S., S. Ramesh, S.T. Borikar, and H. Sahib. 2007. ICRISAT-Indian NARS partnership sorghum improvement research: strategies and impacts. *Current Science* 92 (7):909-915.
- Schober T.J., S.R. Bean, and D.L. Boyle. 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *J. Agric. Food. Chem.* 55:5137-5146.
- Suardi, Suarni, dan A. Prabowo. 2002. Teknologi sederhana prosesing sorgum sebagai bahan pangan. Prosiding Sem. Nasional BPTP Sulawesi Selatan. p. 112-116.
- Suarni. 2009. Potensi tepung jagung dan sorgum sebagai substitusi terigu dalam produk olahan. *Iptek Tanaman Pangan* 4(2):181-193.
- Suarni. 2010. Jagung dan sorgum. Teknologi pengolahan serta diversifikasi berbagai produk olahan. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. 34 hal.
- Suarni. 2004a. Evaluasi sifat fisik dan kandungan kimia biji sorgum setelah penyosohan. *Stigma* XII (1):88-91.

- Suarni. 2004b. Komposisi asam amino penyusun protein beberapa sereal. *Stigma* XII (3):352-355.
- Suarni. 2004c. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 23(4):145-151.
- Suarni dan B. Prastowo. 1995. Pemanfaatan tepung sorgum untuk industri pembuatan kue basah (cake). *Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Edisi Khusus Balitkabi No. 4.* p. 264-272.
- Suarni dan H. Subagio. 2013. Prospek pengembangan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32(3):47-55.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Potensi sorgum varietas unggul sebagai bahan pangan untuk menunjang agroindustri. *Prosiding Lokakarya Nasional BPTP Lampung, Universitas Lampung, Bandar Lampung.* p. 541-546.
- Suarni dan M. Hamdani. 2001. Potensi dan penurunan kuantitas kandungan gula nira beberapa varietas sorgum manis setelah panen. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber daya Alam untuk Mencapai Produktivitas Optimum.* Unila. Bandar Lampung.
- Suarni dan M. Zakir. 2000. Sifat fisikokimia tepung sorgum sebagai substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian* 20(2): 58- 62.
- Suarni dan M. Zakir. 2003. Pengaruh surfaktan terhadap sifat reologis adonan tepung campuran tepung sorgum dan terigu pada pembuatan roti tawar. *Risalah Penelitian Jagung dan Sereal Lain* (8): 57-62.
- Suarni dan R. Patong. 2002. Tepung sorgum sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 21(1):43-47.
- Suarni dan S. Singgih. 2002. Karakteristik sifat fisik dan komposisi kimia beberapa varietas/galur biji sorgum. *Stigma* X (2):127-130.
- Suarni dan U. Ubbe. 2005. Perbaikan kandungan nutrisi dan sifat fisikokimia tepung sorgum dengan enzimatis (α -amilase). *Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Tadulako dengan Forum Kerja sama Kimia KTI.* p. 92-95.
- Susilowati, A., Aspiyanto, S. Moemiati, dan Y. Maryati. 2009. Pengembangan pangan fungsional berbasis sorgum (*Sorghum bicolor* L.) untuk antikolesterol. <http://www.lipi.go.id/www.cgi/depan>. Diakses 1/12/ 2012.
- Wang, H., G. Cao, and R.L. Proir. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food. Chem.* 45:304-309.

- Widowati, S., D.S. Damardjati, dan Y. Marsudiyanto. 1996. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan baku industri brem padat. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri. Balitkabi. Malang.
- Widowati, S., R. Nurjanah dan W. Amrinola. 2010. Proses pembuatan dan karakterisasi nasi sorgum instan. Prosiding Seminar Nasional Pekan Sereal Nasional. Pusat Penelitian Tanaman Pangan. Bogor. p. 17-23.
- Winarno, F.G. 2002. Kimia pangan dan gizi. Gramedia. Jakarta.

Prototipe Alat dan Mesin Pertanian Mendukung Pengembangan Sorgum

Abi Prabowo, Mardison Suhil, dan Ana Nurhasanah
Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian

PENDAHULUAN

Sorgum dapat digunakan sebagai bahan substitusi pangan berbasis tepung terigu (gandum). Agar sorgum dapat dikonsumsi secara sehat diperlukan penyosohan. Penyosohan biji sorgum merupakan proses penghilangan lapisan endosperm biji untuk memperoleh warna putih (cerah) dan menurunkan kadar tanin (senyawa fenol) yang terkandung dalam lapisan endosperm biji sorgum.

Bentuk fisik biji sorgum yang bulat berukuran sekitar 2,5-4,0 mm dengan lapisan endosperm melekat kuat pada inti biji memerlukan perlakuan khusus, baik pada saat ditanam maupun dalam penyosohan. Ukuran dan sifat lapisan endosperm biji mempengaruhi tipe, cara, dan alat mesin tanam, demikian pula penyosohnya.

ALAT TANAM

Benih sorgum lebih lambat berkecambah dibanding benih jagung dan kedelai. Perlambatan pertumbuhan akan terus terjadi sampai tanaman sorgum berumur 2 minggu setelah tanam dimana perakaran tanaman sudah sempurna (Anonymous 1998). Ukuran biji dan sifat fisiologis benih selama berkecambah sampai bibit tanaman tumbuh dengan baik dijadikan sebagai dasar filosofi rancangbangun alat dan mesin tanam biji sorgum. Alat dan mesin tanam biji/benih sorgum dirancang untuk dapat meletakkan biji pada kedalaman < 2 cm dari permukaan tanah. Pada kelembaban tanah di atas kapasitas lapang dan $RH > 85\%$, biji yang telah diletakkan dalam lubang perlu ditaburi abu gosok agar tidak rusak karena jamur (Prabowo *et al.* 1998). Beberapa alat tanam yang telah dikembangkan (Gambar 1 dan Gambar 2) memerlukan benih 20-25 kg/ha. Alat tanam biji sorgum (Gambar 2) dapat ditarik dengan traktor roda dua sehingga operasionalisasi alat lebih cepat dan kapasitas kerjanya meningkat. Kapasitas kerja alat tanam yang ditarik traktor roda dua (Gambar 2) 7-8 jam/ha dengan penjatuhan benih sorgum dua biji/lubang. Dalam pengembangan lebih lanjut, alat tanam biji sorgum dapat difungsikan untuk menanam biji kedelai, jagung, dan biji-bijian lain dengan cara mengganti komponen pengatur keluaran benih (*seed metering device*) yang akan mengatur ukuran biji, jarak penjatuhan antarbenih, dan jumlah benih per lubang tanam.



Gambar 1. Alat tanam biji sorgum tipe tugal.



Gambar 2. Alat tanam biji sorgum *rolling injection planter* (A: tampak samping, B: tampak belakang)

MESIN PERONTOK DAN PENYOSOH BIJI

Mesin Perontok

Perontok biji sorgum pernah dibuat oleh Balitjas Maros pada tahun 1990 (Lando dan Prastowo, 1990). Tipe mesin perontok tersebut kemudian diadopsi dan terus berkembang seperti yang banyak ditemukan di lapangan atau penyedia alsintan. Modifikasi mesin perontok padi tipe TH6 menjadi perontok sorgum dilakukan dengan cara mengubah jarak antarbatang (*bar*)

dan panjang batang perontok serta jarak antara *concave* dengan batang perontok serta lubang pengarah keluaran bahan (Lando dan Prastowo, 1991). Hal ini sangat dimungkinkan karena mesin perontok padi tipe TH6 dikembangkan pula untuk merontok biji kedelai dan jagung beserta tongkolnya. Kapasitas kerja mesin perontok yang dijumpai di lapangan rata-rata 200 kg/jam dengan tenaga penggerak mesin motor bensin 5 HP.

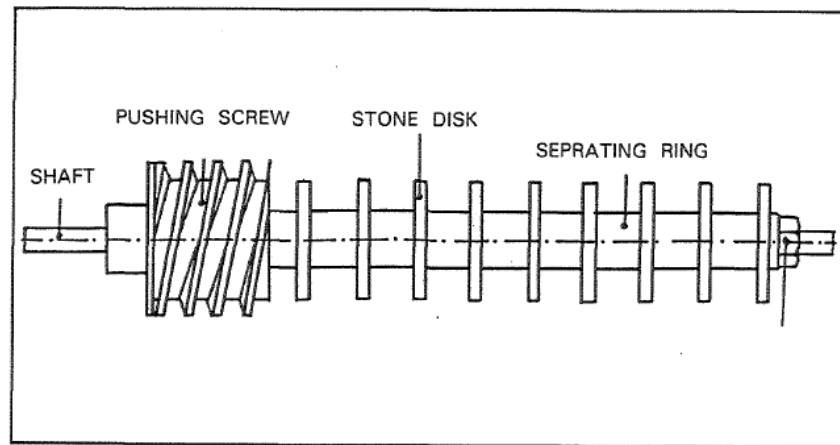
Mesin Penyosoh

Hingga saat ini sudah ada beberapa teknologi penyosoh sorgum yang telah digunakan, namun kinerjanya masih kurang baik. Kinerja mesin penyosoh yang sudah ada dapat dilihat dari kualitas penyosohan yang diindikasikan dari warna/derajat keputihan yang masih rendah sehingga kualitas sorgum yang disosoh menjadi kurang baik. Oleh karena itu diperlukan penyempurnaan kinerja dan kualitas hasil penyosohan dari beberapa teknologi penyosohan yang sudah ada. Penyempurnaan kinerja dan kualitas hasil diupayakan dengan cara memodifikasi teknologi dengan perbaikan sistem maupun komponen yang ada dengan teknologi yang lebih sesuai dan memberikan dampak terhadap peningkatan kinerja dan kualitas sosohan yang lebih baik. Parameter kualitas sosoh yang digunakan meliputi derajat keputihan, jumlah biji sorgum yang rusak/pecah, dan rendemen penyosohan.

Mesin penyosoh rancangan Kelompok Peneliti Balitsereal telah diuji coba sejak 1998. Sistem penyosoh menggunakan batu abrasif (*stone disk type*) gerinda (*carborandum vitrified bounded wheels*). Penggunaan batu asah dimaksudkan agar endosperm biji yang melekat kuat pada biji dapat tersosoh dengan baik dan tidak dapat terpisahkan apabila disosoh menggunakan sistem *rubber roll* seperti yang dilakukan pada gabah (Prabowo *et al*, 1998). Prinsip dasar perancangan bagian penyosoh dengan batu abrasif terlihat pada Gambar 3.

Mekanisme yang terjadi dalam ruang sosoh biji sorgum dengan batu abrasif (Gambar 4) adalah sebagai berikut:

- (1) biji sorgum didorong oleh rol ulir (*pushing schrew*) sehingga masuk ke ruang sosoh;
- (2) terjadi proses penggosokan oleh batu abrasif terhadap biji sorgum dan menyisakan bekatul sangat halus menyerupai tepung;
- (3) dalam ruang penyosoh selain terjadi proses penggosokan biji oleh batu abrasif juga terjadi proses saling gosok antarbiji sorgum sendiri, proses ini terjadi pada ruang antarbatu gerinda (*separating ring*);
- (4) dalam ruang sosoh terjadi penumpukan bekatul dalam jumlah banyak sehingga perlu sistem pengeluaran bekatul dari ruang sosoh. Apabila



Gambar 3 Prinsip rancangangun komponen utama mesin sosoh.
Sumber: Taylor and Taylor (2008)

Gambar 4. Mesin penyosoh biji sorgum BBP Mektan 2011.
Sumber: Suhil *et al.* (2011)

bekatul tidak dikeluarkan akan menghambat proses gosok antara biji dengan batu abrasif maupun antarbiji. Selain menghambat proses sosoh apabila tidak segera dikeluarkan, bekatul yang tertimbun dalam ruang sosoh dapat terbakar, yang mengakibatkan warna biji sorgum yang sudah tersosoh menjadi coklat dan berbau “sangat”.

Mekanisme penyosohan tersebut juga terjadi apabila biji sorgum disosoh dengan cara ditumbuk menggunakan “lumpang” batu dan antan “alu” secara tradisional. Proses pembersihan bekatul pada cara tradisional adalah dengan cara ditampi. Proses sosoh dengan tumbuk dan ditampi dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh beras sorgum.

Belajar dari proses kerja mekanisme sosoh biji sorgum secara tradisional maupun modern dengan batu gerinda maka pada tahun 1998 Badan Litbang Pertanian (Kelompok Peneliti Mekanisasi Balai Penelitian Jagung dan Serealia Lain) mencoba merekayasa mesin penyosoh sorgum berkapasitas 15 kg/jam (Prabowo *et al.* 1998). Prototipe pertama mesin tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dengan kapasitas sosoh 15 kg/jam. Setelah biji sorgum mendapat perlakuan ulang penyosohan selama tiga kali diperoleh beras sorgum yang berwarna putih dan bebas dari tanin.

Pada tahun 2011 Badan Litbang Pertanian melalui Balai Besar Mekanisasi Pertanian melakukan rancangbangun mesin penyosoh sorgum berkapasitas 150 kg/jam (Gambar 4). Mekanisme kerja prototipe juga menggunakan batu abrasif gerinda.

Keuntungan batu abrasif adalah mampu menghasilkan kapasitas kerja penyosohan besar, yaitu sekitar 150 kg/jam dengan tiga ulangan penyosohan. Biji yang disosoh berwarna putih dan relatif bebas dari kandungan tanin (Tabel 1). Bentuk akhir rancangbangun mesin penyosoh biji sorgum BBP Mektan pada tahun 2011 dapat dilihat pada Gambar 5. Mesin penyosoh biji sorgum rancangan BBP Mektan susah dikembangkan di bengkel petani karena mahalnya harga batu abrasif.

Hasil uji kandungan tanin dan kecerahan warna hasil sosoh (*whiteness*) mesin sorgum BBP Mektan 2011 disajikan pada Gambar 6. Terlihat bahwa kandungan tanin biji sorgum varietas KD 4 (dari Lamongan) setelah mengalami ulangan penyosohan ke empat sebesar 18,2% dengan tingkat kecerahan biji 40%. Tepung biji sorgum dengan kandungan tanin 0,30-0,36 dapat digunakan sebagai bahan olahan pangan (Suarni 2004). Biji sorgum varietas KD 4 dengan dua kali sosoh menggunakan mesin sosoh BBP Mektan sudah memenuhi syarat diproses menjadi tepung untuk bahan pangan olahan. Tekanan gesek antara biji sorgum dengan batu abrasif adalah 2.291 N/m² (Gambar 6.). Pada tekanan gesek 2.291 N/m² dengan dua kali ulangan sosoh menghasilkan rendemen 68% dengan butir pecah 8% (Gambar 7).

Keterangan: 1) Silinder penyosoh, 2) Unit pemisah/ayakan, 3) Sabuk/tali penerus daya, 4) Pulley (piringan penggerak), 5) Kipas pembuang bekatul, 6) Enjin penggerak penyosok, 7) Tempat pemasukan biji, 8) Ruang penyosoh, 9) Rangka utama mesin sosoh

Gambar 5. Mesin penyosoh biji sorgum BBP Mektan 2011.
Sumber: Suhil *et al.* (2011)

Pada tahun 2012 dilakukan modifikasi bentuk batu abrasif dari utuh tunggal (berbentuk kerucut terpancung) menjadi rangkaian sambungan beberapa batu abrasif tipe silindris (Gambar 8). Fokus modifikasi adalah pada bentuk batu abrasif, rangkaian batu abrasif, penambahan volume ruang sosoh, pemasangan unit *bucket elevator* untuk memasukkan bahan sorgum ke mesin sosoh, dan unit pengayak/sortasi hasil mesin sosoh. Penambahan volume ruang sosoh dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas sosoh mesin. Selain itu juga dilakukan pemasangan *bucket elevator* pada mesin sosoh rancangan BBP Mektan tahun 2012 (Gambar 9).

Pemasangan unit *bucket elevator* diharapkan dapat meningkatkan kapasitas kerja sosoh mesin karena pemasukan bahan bisa kontiniu tidak harus diangkut dengan tenaga manusia melalui tangga (Gambar 5). Unit

Gambar 6. Kandungan tanin dan derajat putih biji sorgum.
Sumber: Suhil *et al.* (2011)

Gambar 7. Hubungan butir pecah dan rendemen sosoh dengan jumlah ulangan sosoh.
Sumber: Suhil *et al.* (2011)

sortasi (Gambar 10) yang terpasang langsung di bawah lubang keluaran sosoh dimaksudkan untuk mengayak langsung biji yang sudah tersosoh sehingga dapat langsung diketahui tingkat kebersihannya. Hasil sosohan yang belum bersih akan dimasukkan kembali ke dalam *bucket elevator* untuk mendapatkan perlakuan sosoh selanjutnya. Prototipe lengkap unit mesin penyosoh biji sorgum modifikasi BBP Mektan pada tahun 2012 dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 8. Modifikasi batu sosoh mesin penyosoh sorgum BBP Mektan 2012.

Gambar 9. Unit bucket elevator sistem pemasukan biji ke dalam mesin penyosoh pelengkap modifikasi tahun 2011.

Gambar 10. Unit separator output mesin penyosoh pelengkap modifikasi tahun 2011.
Sumber: Nurhasanah *et al.* (2012)

Gambar 11. Unit (lengkap) mesin penyosoh sorgum modifikasi tahun 2011.
(Sumber: Nurhasanah *et al.* 2012)

Kinerja mesin penyosoh biji sorgum disajikan pada Tabel 1 dan kapasitas sosoh mesin rekayasa BBP Mektan tahun 2012 tercantum pada Tabel 2. Kapasitas sosoh mesin sampai biji bersih berkisar antara 120-200 kg/jam.

Kandungan tanin dan derajat putih biji sorgum setelah disosoh dengan penyosoh BBP Mektan tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil analisis labaratorium derajat sosoh biji sorgum.

Sampel	Ulangan	Bobot awal	Derajat sosoh sorgum			
			putih		merah	
			g	%	g	%
KD4 1x sosoh	1	25	18,0	72,0	7,0	28,0
	2	25	19,1	76,4	5,9	23,6
	3	25	18,2	72,8	6,8	27,2
	Rata-rata		18,4	73,7	6,6	26,3
KD4 2x sosoh	1	25	24,2	96,8	0,8	3,2
	2	25	24,0	96,0	1,0	4,0
	3	25	24,0	96,0	1,0	4,0
	Rata-rata		24,1	96,3	0,9	3,7

Sumber: Nurhasanah *et al.* (2012)

Tabel 2. Hasil uji unjuk kerja mesin penyosoh biji sorgum.

Varietas	Perlakuan	Kecepatan penyosohan (rpm)		Kecepatan blower (rpm)		Berat bahan (kg)		Waktu penyosohan (menit)	Kapasitas sosoh (kg/jam)
		TB	DB	TB	DB	in	out		
KD-4	Sosoh 1	763	735	3.105	3.050	202	180	60	202
KD-4	Sosoh 2	741	733	3.104	3.047	120	96	60	120

Sumber: Nurhasanah *et al.* (2012)

Tabel 3. Hasil uji proksimat biji sebelum dan sesudah penyosohan.

Varietas	Perlakuan	Analisis (%)				
		Kadar air	Kadar lemak	Kadar protein	Karbohidrat	Tanin
Lokal Wonogiri	Bahan awal	9,87	2,52	7,67	76,73	1,44
Lokal Wonogiri	Sosoh 2 kali	5,99	0,46	5,82	86,13	0,09

Tabel 4. Hasil analisis laboratorium derajat putih biji sorgum.

Perlakuan	Derajat putih biji (%)
Var. wonogiri awal	18,00
Sosoh 1x	29,40
Sosoh 2x	37,00
Sosoh 2x optimum	46,66
Var. KD4 awal	20,00
Sosoh 1x	27,47
Sosoh 2x	32,06
Sosoh 2x optimum	36,60

MESIN PENEPUNG

Proses penepungan biji sorgum sosoh dapat menggunakan berbagai tipe mesin sosoh yang biasa digunakan untuk menepungkan beras atau gaplek ubi kayu. Mesin penepung tersebut sudah banyak dijual di pasaran, ada yang terbuat dari besi tuang (cor) dan dari bahan stainless steel yang bersifat antikorosif dan tidak mudah aus akibat gesekan di dalam ruang penepungan. Kapasitas mesin penepung berkisar antara 175-200 kg/jam. Kapasitas penepungan mesin penepung yang terbuat dari bahan stainless steel 50 kg/jam yang digerakkan dengan enjin motor bakar (bensin) berkekuatan 5 HP.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Prototipe alat dan mesin pertanian untuk mendukung pengembangan sorgum telah tersedia, mulai dari tanam, panen, perontokan, penyosohan sampai penepungan biji sorgum.
2. Beberapa prototipe alat dan mesin pertanian untuk mendukung pengembangan sorgum bersifat kompatibel, dengan sedikit modifikasi pada alat dan mesin pertanian untuk usahatani padi, jagung, dan ubi kayu, dll. Alat dan mesin tersebut dapat digunakan dalam kegiatan tanam, perontokan, dan penepungan biji sorgum.
3. Prototipe mesin penyosoh biji sorgum memiliki desain komponen penyosoh yang spesifik sehingga tidak kompatibel dengan alat penyosoh biji-bijian lainnya. Bagian terluar komponen penyosoh terbuat dari batu abrasif agar dapat melepaskan kulit ari biji yang kuat melekat pada bagian endosperm biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1998. Grain sorghum production handbook. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, February 1998. www.ksre.ksu.edu/bookstore/pubs/c687.pdf.
- Lando, T.M. dan B. Prastowo. 1991. Modifikasi dan analisis finansial perontok multikomoditas. *Dalam: Hasil Penelitian Mekanisasi dan Teknologi Balittan Maros X*: 84 - 92.
- Nurhasanah, A., N. Sulistiyosari, A. Suprpto, S. Pangaribuan, A. Azadi, A. Samudiantono, M. Suhil, dan A. Prabowo. 2012. Pengembangan mesin penyosoh sorgum kapasitas 200 kg/jam untuk mendukung diversifikasi pangan. Laporan Akhir kegiatan perekayasaan BBP Mektan tahun 2012. Badan Litbang Pertanian, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- Prabowo, A., I.U. Firmansyah, Y. Sinuseng, Riyadi, M. April, dan Burhanuddin. 1998. Re-enjiniring dan modifikasi rancangbangun mesin penyosoh sorgum skala rumahtangga. Laporan Akhir Hasil Penelitian Kelompok Peneliti Fisiologi Hasil, Balai Tanaman Jagung dan Serealia Lain.
- Prabowo, A. dan Y. Sinuseng. 1998. Rancangbangun dan uji kinerja mesin sosoh sorgum. Agrimek.
- Sinuseng, Y. dan A. Prabowo. 1999. Kinerja alat penyosoh sorgum. Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia, Jogjakarta.
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. *Jurnal litbang pertanian* 23(4).
- Suhil, M., A. Suprpto, N. Sulistiyosari, J. Wiyono, T. Nuryawati, S. Pangaribuan, A. Prabowo, dan Suparlan. 2011. Rekayasa dan pengembangan mesin penyosoh sorgum kapasitas 150 kg/jam, mesin pencetak beras buatan dan mesin pengolah tepung MOCAF kapasitas 25 kg/hari Mendukung Diversifikasi Pangan. Laporan Akhir kegiatan perekayasaan BBP Mektan tahun 2011. Badan Litbang Pertanian, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- Taylor, J.R.N and J. Taylor. 2008. Five simple methods for the determination of sorghum grain end-use quality. Department of Food Science, University of Pretoria. Pretoria 0002, South Africa. Amended January 2007.