

## Perakitan dan Pengembangan Varietas Unggul Sorgum untuk Pangan, Pakan, dan Bioenergi

Herman Subagio dan Muh. Aqil

Balai Penelitian Tanaman Serealia  
Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Maros, Sulawesi Selatan  
Email: acchmad@yahoo.com

---

Naskah diterima 28 Agustus 2013 dan disetujui diterbitkan 5 Mei 2014

---

### ABSTRACT

**Development of Improved Sorghum Variety for Food, Feed, and Bioenergy.** Sorghum crop has a potential to support the food-energy program in Indonesia. Sorghum contains high carbohydrate, antioxidants, minerals, protein and fiber. As a source of bioenergy, sorghum has the potential for substituting fossil fuel. High demand for sorghum in the international market gives an opportunity for Indonesia to produce the grain more, for domestic and export markets. To date, thirteen sorghum varieties had been released, each with specific characteristics, such as high-yielding, early maturing and wide adaptability. Sweet sorghum varieties (i.e. Super-1 and Super-2) are designated for producing ethanol to develop bioindustry in Indonesia. Optimizing the sorghum production is needed to provide material for the upstream and downstream industries. To avoid the landuse competition among crop commodities, sorghum production should be expanded to the marginal lands and the non-productive lands in central and eastern part of Indonesia. Strong government support is needed to establish the seed production subsystem, followed by seed procurement for the crop expansion program. To improve the germplasm background on the varietal development, local strains as genetic resources should be explored to be used on the development of sorghum varieties for specific environment.

**Keywords:** Sorghum, food, bioetanol, feed.

### ABSTRAK

Sorgum merupakan komoditas potensial untuk mendukung program diversifikasi pangan dan energi di Indonesia. Sebagai sumber pangan, sorgum kaya karbohidrat dan mengandung beragam zat antioksidan, mineral, protein, dan serat. Sebagai sumber bioenergi, sorgum mempunyai potensi untuk mensubstitusi kebutuhan bahan bakar minyak fosil dan industri tambang. Tingginya permintaan bahan bakar minyak di tingkat global juga merupakan potensi bagi Indonesia untuk mengisi kebutuhan bioenergi dunia. Saat ini telah tersedia 11 varietas sorgum dengan dengan daya hasil cukup tinggi, berumur genjah, dan daya adaptasi luas. Varietas sorgum manis juga telah tersedia dalam upaya mendukung pengembangan bioindustri di Indonesia. Optimalisasi pengembangan produksi sorgum harus terintegrasi, mulai dari hulu sampai pengembangan industri hilir yang siap menampung hasil panen. Pengembangan sorgum dalam skala besar akan menimbulkan kompetisi penggunaan lahan dengan komoditas lain, sehingga dapat diarahkan pada lahan marjinal, yang banyak tersebar di wilayah tengah dan timur Indonesia. Selain itu, kemampuan subsistem produksi benih (balai-balai benih dan penangkar) perlu diberdayakan melalui program yang terarah untuk produksi dan pendistribusian benih di lapangan. Dalam hal perakitan varietas perlu memanfaatkan sebanyak mungkin sumber daya genetik lokal, digabungkan, dan diseleksi secara terarah untuk target-target lingkungan tertentu.

**Kata kunci:** Sorgum, pangan, bioetanol, pakan.

## PENDAHULUAN

Dalam *roadmap* pengembangan dan penyediaan pangan nasional, komoditas sorgum jarang diungkapkan secara eksplisit sebagai bagian integral dari pangan pokok nasional. Pernyataan resmi sorgum dipakai sebagai bahan pangan pendukung hanya dijumpai dalam jumlah terbatas di Kabupaten Rote Ndao dan Sumba, Nusa Tenggara Timur (Dinas Pertanian NTT 2012). Fakta lapangan menunjukkan bahwa walaupun tanaman sorgum sudah lama dikenal petani, namun masih diusahakan secara asal karena dipandang sebagai tanaman kelas rendah. Perkembangan luas tanam sorgum di Indonesia juga memperlihatkan kecenderungan penurunan dari waktu ke waktu. Data Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Tahun 1990 menunjukkan luas tanam sorgum di Indonesia di atas 18.000 ha. Pada tahun 2011, luas tanam sorgum menurun menjadi 7.695 ha (Direktorat Budi Daya Serealia 2013).

Seiring meningkatnya perhatian terhadap penggunaan bahan bakar nabati, pemerintah melalui kementerian BUMN telah memetakan wilayah pengembangan pangan, khususnya sorgum. Subagio dan Suryawati (2013) mengemukakan bahwa wilayah penghasil sorgum pada tahun 2012-2013 menunjukkan tren peningkatan luas tanam. Jika sebelumnya wilayah penghasil sorgum berpusat di Jawa, namun dalam tiga tahun terakhir telah bergeser ke Sulawesi dan Nusa Tenggara. Pergeseran tersebut disebabkan oleh peluang pengembangan pada lahan marginal masih tersedia di Sulawesi dan Nusa Tenggara. Hingga tahun 2012/13, data luas panen sorgum yang terhimpun melalui laporan Dinas Pertanian, media elektronik (website), dan media surat kabar yang telah divalidasi adalah 26.306 ha.

Upaya peningkatan luas panen sorgum terutama dilakukan oleh beberapa BUMN seperti PTPN XII di Jawa Timur dan PT Berdikari untuk pengembangan sorgum integrasi dengan ternak di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara serta pengembangan sorgum untuk bahan pangan, industri, dan ternak di Nusa Tenggara Timur (Subagio dan Suryawati 2013). Dari total luas panen sorgum 26.306 ha di sembilan provinsi, 58,3% di antaranya terdapat di Nusa Tenggara Timur, 15,2% di Sulawesi Tenggara, 12,9% di Sulawesi Selatan, 8,4% di Jawa Timur, dan kurang 4% di provinsi lainnya. Pergeseran wilayah utama penghasil sorgum dari Pulau Jawa ke Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan disebabkan oleh persaingan antarkomoditas terutama tanaman semusim, kesesuaian agroekologi lahan kering, sistem irigasi terbatas/tadah hujan, dan peluang integrasi dengan peternakan, dan bahan baku industri.

Selama dua dekade terakhir, produksi sorgum dunia meningkat dari 60 juta metrik ton menjadi 65 juta metrik

ton. Amerika Serikat, Argentina, dan Australia menyuplai hampir 50% dari total kebutuhan dunia. Amerika Serikat sampai tahun 2006 mengeksport 80% produk sorgumnya, namun seiring dengan krisis energi global, ekspor sorgum dikurangi menjadi 57% (US Grain Council 2011). Di Amerika Serikat, sorgum menjadi sumber pemenuhan pakan nomor tiga, sedangkan di tingkat global menjadi tanaman penting kelima setelah gandum, padi, jagung, dan barley. Argentina mampu meningkatkan produksi sorgumnya dari 3 juta ton pada 2009 menjadi 4,4 juta ton pada 2011. Di India, sorgum merupakan komoditas penting ketiga setelah padi dan gandum, dan di negara-negara Afrika sorgum merupakan komoditas pangan nomor dua setelah jagung.

Produksi sorgum di Indonesia masih rendah sehingga tidak masuk dalam daftar negara penghasil sorgum dunia. Data Direktorat Budi Daya Serealia (2013) menunjukkan produksi sorgum Indonesia dalam 5 tahun terakhir hanya meningkat sedikit dari 6.114 ton menjadi 7.695 ton. Peningkatan produksi sorgum di dalam negeri perlu mendapat perhatian khusus karena Indonesia sangat potensial bagi pengembangan sorgum.

Tulisan ini membahas pengembangan sorgum untuk pangan, pakan dan energi di Indonesia dari segi potensi ketersediaan lahan, komponen teknologi serta dukungan teknis yang diperlukan.

## KEUNGGULAN SORGUM

Sorgum merupakan tanaman pangan yang adaptif dan sesuai dikembangkan di wilayah tropis. Sebagai tanaman golongan C4, sorgum efisien dalam menghasilkan produk fotosintesis yang tinggi. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman sorgum berkisar antara 21-35°C dengan kisaran suhu tanah minimum 15-18°C. Secara agronomis, sorgum mempunyai kelebihan, di antaranya toleran kekeringan, kadar garam tinggi, dan daya adaptasi yang luas (Dajue dan Guangwei 2000). Umur panen tanaman sorgum adalah 3-4 bulan, kebutuhan air per musim 4.000 m<sup>3</sup>, lebih rendah dibandingkan dengan jagung dan tebu yang membutuhkan air masing-masing 8.000 m<sup>3</sup> dan 36.000 m<sup>3</sup>.

Toleransi sorgum terhadap kekeringan dipengaruhi oleh sistem perakaran tanaman, karakteristik daun, dan pengaturan osmotik. Sorgum memiliki akar yang lebat, ekstensif, dan bercabang sehingga apabila terjadi kekeringan, perakaran cepat menyerap air dan tersedia bagi tanaman, ditandai oleh peningkatan nilai potensial air tanaman, sehingga *recovery* berlangsung lebih cepat. Selain itu, akar sorgum mampu tumbuh lebih dalam sampai kedalaman 120-180 cm apabila terjadi cekaman kekeringan (Aqil *et al.* 2001). Tanaman sorgum mempunyai

karakteristik unik yang jarang ditemui pada tanaman pangan, yaitu terdapatnya lapisan lilin yang tebal berwarna putih pada gagang bunga, ketiak daun, dan permukaan daun sorgum. Lapisan lilin tebal berwarna putih ini dikendalikan oleh gen dominan BmBm pada tanaman sorgum (Peterson *et al.* 1979). Gen BmBm mengontrol laju penyerapan air dari dalam tanah dan mengontrol radiasi yang masuk sehingga laju transpirasi dapat tertunda atau terkontrol. Sorgum juga mempunyai kemampuan untuk menjaga turgor sel akibat penurunan potensial air tanaman (Hsiao *et al.* 1976). Mekanisme ini berlangsung pada saat tanaman sorgum mengalami cekaman kekurangan air, di mana tanaman menurunkan potensial air daun yang kemudian diikuti oleh menutupnya stomata daun. Saat terjadi stres maka daun akan menggulung ke dalam yang kemudian memperlambat laju transpirasi.

Tanaman sorgum memiliki sifat lebih toleran terhadap keracunan Al, salinitas tinggi, dan genangan air dibanding tanaman tebu dan sereal lain. Sorgum juga memerlukan pupuk relatif lebih sedikit dan pemeliharaannya lebih mudah (ICRISAT 2010).

Studi tentang toleransi sorgum terhadap cekaman abiotis seperti keracunan Al menunjukkan bahwa genetik dan konsentrasi Al adalah dua faktor utama yang menentukan toleransi sorgum terhadap Al. Furlani (1981) menyatakan, konsentrasi Al <2,7 ppm tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Selain toleran Al, sorgum juga toleran terhadap salinitas. Hasanah *et al.* (2010) menyatakan bahwa konsentrasi larutan garam 450 mM tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, bobot segar dan bobot kering tajuk, dan  $\bar{U}$ Brix batang pada fase vegetatif akhir. Tanah Vertisol (Grumusol), Aluvial, Andosol, Regosol, dan Mediteran umumnya sesuai untuk pertumbuhan 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 -8,5 (Smith dan Frederiksen 2000).

ICRISAT (2010) mengklasifikasikan kelebihan sorgum sebagai tanaman, proses, produk, dan by-produknya (Tabel 1).

Dari sisi nutrisi, sorgum memiliki kadar protein 11%, lebih tinggi dibandingkan dengan beras yang hanya 6,8%. Kandungan nutrisi yang dimiliki sorgum adalah mikro, besi, fosfor, dan vitamin B. Sebagai pakan ternak, biji sorgum digunakan untuk bahan campuran ransum pakan unggas, sedangkan batang dan daunnya banyak digunakan untuk ternak ruminansia (Rismunandar 1989). Penggunaan biji sorgum dalam ransum pakan ternak

Tabel 1. Klasifikasi keunggulan sorgum sebagai tanaman, proses, dan *by-product*.

Keunggulan tanaman	Proses	By-product
Periode gestasi lebih pendek	<i>Eco-friendly</i> proses	Nilai biologis yang tinggi
Tanaman lahan kering	Kualitas unggul	Kaya akan nutrisi mikro
Resilensi yang tinggi terhadap cekaman abiotis	Kebutuhan unsur S rendah	Dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik
Mudah dibudidayakan petani	Nilai oktan tinggi	
Bahan pemenuhan kebutuhan pangan dan pakan	Dapat mensubsidi BBM	

Sumber: ICRISAT (2010).

bersifat suplemen (substitusi) terhadap jagung karena kandungan nutrisinya tidak berbeda dengan jagung. Biji sorgum mempunyai potensi untuk dijadikan bahan baku industri bir, pati, gula cair, dan etanol. Jenis sorgum yang batangnya mengandung kadar gula yang tinggi disebut sorgum manis (*sweet sorghum*).

Seiring dengan terjadinya krisis energi akibat berkurangnya cadangan bahan bakar minyak fosil maka peluang pemanfaatan bioenergi semakin besar. Sorgum adalah salah satu sumber energi terbarukan yang potensial mensubstitusi kebutuhan bahan bakar minyak. Perhatian yang tinggi terhadap sorgum manis bukan hanya di negara maju tetapi juga negara berkembang, termasuk Indonesia. Barbanti *et al.* (2006) mengemukakan bahwa penggunaan biofuel yang diekstraksi dari jus dan bagas sorgum manis dapat membantu pemenuhan kebutuhan energi. Sorgum manis dicirikan oleh kandungan gula yang tinggi, khususnya fraksi fruktosa, sukrosa, dan glukosa yang dapat diolah menjadi etanol. Biomas sorgum manis juga dapat digunakan sebagai bahan baku fiber, kertas, sirup, dan pakan ternak.

## AREA POTENSIAL PENGEMBANGAN SORGUM

Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap bahan bakar nabati, pemerintah telah memetakan wilayah pengembangan sorgum. Subagio dan Syuryawati (2013) mengemukakan bahwa wilayah penghasil sorgum pada tahun 2012 telah mengalami pergeseran. Jika sebelumnya wilayah penghasil sorgum berpusat di Pulau Jawa, dalam beberapa tahun terakhir telah bergeser ke luar Jawa.

Tabel 2. Luas lahan yang sesuai untuk perluasan pertanian lahan basah dan kering.

Pulau	Lahan basah semusim (ha)			Lahan kering semusim (ha) <sup>1)</sup>	Lahan kering tahunan (ha) <sup>2)</sup>	Total lahan kering
	Rawa	Nonrawa	Total			
Sumatera	354.854	606.1933	961.05	1.311.78	3.226.790	4.538.56
Jawa	0	14.393	14.393	40.544	158.953	199.497
Bali & NT	0	48.922	48.922	137.659	610.165	747.824
Kalimantan	730.160	665.78	1.395.939	3.639.403	7.272.049	10.911.452
Sulawesi	0	422.972	422.972	215.452	601.180	816.632
Maluku dan Papua	1.893.366	3.539.334	5.432.700	1.738.978	3.440.973	5.179.951
Indonesia	2.978.380	5.297.593	8.275.973	7.083812	15.310.105	22.393.917

<sup>1)</sup>Lahan kering semusim juga sesuai untuk tanaman tahunan.

<sup>2)</sup>Lahan kering tahunan pada lahan kering dan sebagian gambut.

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2007).

Sorgum manis berpeluang dikembangkan pada lahan kering, baik pada wilayah beriklim basah (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua) maupun beriklim kering (Nusa Tenggara, Sulawesi Tenggara, dan sebagian Sumatera dan Jawa). Total luas lahan kering di Indonesia diperkirakan 143,9 juta ha. Dari luasan tersebut, 31,5 juta ha berupa lahan kering dengan topografi yang datar berombak (kemiringan lereng < 8 %) dan sesuai untuk perkebunan sorgum. Tanah di lahan kering beriklim basah pada umumnya bersifat masam dan merupakan ciri khas sebagian besar wilayah Indonesia. Lahan masam mempunyai tingkat kesuburan yang rendah, dan menjadi kendala dalam produksi pertanian pada umumnya. Luas lahan yang sesuai untuk perluasan pertanian lahan basah dan lahan kering disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan data tersebut, lahan yang potensial untuk perluasan area pertanian mencapai 30,60 juta ha, terdiri atas 8,27 juta ha lahan basah (2,98 juta ha lahan rawa dan 5,29 juta ha lahan nonrawa), 7,08 juta ha lahan kering untuk tanaman semusim, dan 15,30 juta ha lahan kering untuk tanaman tahunan. Sebagian kecil lahan kering yang sesuai untuk tanaman semusim dan tahunan adalah berupa lahan gambut yang telah di-drainase. Pengembangan komoditas bioenergi terutama dapat dilakukan pada lahan kering, baik untuk tanaman semusim maupun tahunan. Lahan yang tersedia untuk pengembangan komoditas bioenergi cukup luas. Namun, kenyataan di lapang menunjukkan, pengembangan dan perluasan area secara besar-besaran biasanya terbentur pada masalah status kepemilikan lahan yang sulit ditelusuri dan pembebasan lahan. Oleh karena itu, peran dan dukungan pemerintah daerah sangat diperlukan dalam mendukung keberhasilan pengembangan komoditas bioenergi (Mulyani dan Las 2010).

Tabel 3. Persepsi pelaku industri pakan tentang kelebihan dan kekurangan sorgum sebagai bahan baku pakan ternak.

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya produksi rendah</li> <li>• Sumber pakan alternatif selain jagung</li> <li>• Penanaman mudah</li> <li>• Baik untuk pembuatan pakan berbentuk pellet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pangsa pasar sorgum belum terbuka</li> <li>• Kontaminasi cendawan penghasil aflatoksin</li> <li>• Bahan baku tidak tersedia setiap saat</li> <li>• Kandungan tannin mempengaruhi palatibilitas pakan</li> <li>• Tingkat digestibilitas rendah</li> <li>• Pananganan pascapanen relatif sulit</li> <li>• Karotenoid rendah</li> </ul>

Sumber: Kleith *et al.* (2000).

## KENDALA PENGEMBANGAN SORGUM DI INDONESIA

Tantangan utama pengembangan sorgum adalah semakin terbatasnya lahan pertanian dan kompetisi dengan komoditas lain seperti kelapa sawit, kelapa, tebu, kedelai, ubi kayu, ubi jalar, dan jagung. Jika tanaman sorgum difokuskan sebagai sumber Bahan Bakar Nabati (BBN) akan terjadi benturan dengan keamanan pangan. Selain itu, sorgum juga belum masuk ke dalam komoditas prioritas sehingga pengembangannya belum meluas. Tanaman sorgum belum dikenal luas oleh petani dan dianggap sebagai komoditas bernilai ekonomi rendah. Oleh karena itu, pengembangannya diarahkan pada lahan marginal serta yang banyak tersebar di wilayah timur Indonesia.

Sebagai pakan ternak, sorgum memiliki kelebihan dan kekurangan di mata pelaku industri pakan (Tabel 3). Di antara kekurangan tanaman sorgum untuk bahan pakan

di Indonesia adalah bahan baku tidak tersedia setiap saat, kesulitan memperoleh benih, pakan yang berbahan baku sorgum sulit dijual, tingkat digestibilitasnya rendah, dan karotenoidnya rendah sehingga mempengaruhi warna kuning telur.

## KETERSEDIAAN TEKNOLOGI

### Varietas Unggul untuk Pangan dan Pakan

Program penelitian dan pengembangan sorgum sebelum tahun 1980 dan pada periode 1980-1990 dikoordinasikan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan dengan melibatkan beberapa Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan). Titik berat pemuliaan tanaman pada periode tersebut adalah pembentukan varietas komposit melalui uji adaptasi galur-galur introduksi dari luar negeri. Program pemuliaan dan introduksi sorgum secara global dikoordinasikan oleh ICRISAT dengan melibatkan sejumlah negara seperti negara-negara di Afrika, India, Filipina, Thailand, termasuk Indonesia.

Pada era 1970-an, program pengembangan sorgum di Indonesia diarahkan pada pemenuhan kebutuhan pangan dan pakan, sumber karbohidrat. Varietas yang dilepas pada periode tersebut adalah No.6C, UPCA-S2 dan KD4 (Puslitbangtan 2009). Pada era 1980-an, pemuliaan sorgum masih diarahkan untuk pemenuhan sumber pangan karbohidrat sehingga seleksi varietas lebih banyak ditujukan untuk pangan (Mudjishono dan Damardjati 1985). Kriteria seleksi meliputi umur genjah (70-80 hari), penampilan tanaman tidak terlalu tinggi (100-140 cm), kandungan protein di atas 10%, dan kandungan tannin di bawah 0,2%. Pada periode 1980-1990 dilepas empat varietas masing-masing Keris, UPCA-S1, Badik dan Hegari Genjah. Keempat varietas tersebut mempunyai

beberapa keunggulan, di antaranya berumur genjah, tinggi tanaman sedang, hasil 2,5-4 t/ha, biji putih, dan rasa cukup enak (Subandi dan Roesmarkan 1998). Varietas Hegari Genjah banyak berkembang di dataran rendah Jawa Tengah, DIY, dan Jawa Timur.

Peningkatan potensi materi genetik pada era 1990-an dilakukan melalui uji adaptasi 15 galur sorgum introduksi. Setelah melalui serangkaian uji adaptasi diperoleh dua galur dengan keragaan hasil tinggi, yaitu CS110 dan No.311, yang kemudian dilepas dengan nama varietas Mandau dan Sangkur. Potensi hasilnya mencapai 5 t/ha, genjah (91 hari) dengan kisaran hasil 4-5 t/ha. Varietas Sangkur mempunyai potensi hasil agak rendah, 3,6-4,0 t/ha, namun mudah dirontok dan disosoh serta tahan terhadap penyakit karat dan *Rhizoctonia* (Rahardjo dan Fathan 1991).

Penelitian dan pengembangan varietas unggul sorgum pada periode 2001-2013 dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal). Varietas Numbu dan Kawali dilepas pada tahun 2001. Varietas Numbu berasal dari galur IS 23509 dari SADC (*South African Development Community*). Varietas Kawali berasal dari galur ICSV 233 yang merupakan galur ICRISAT. Singgih dan Hamdani (1998) serta Sholihin (1996) melaporkan kedua varietas tersebut beradaptasi baik di Probolinggo, Bontobili, Bulukumba, dan Bojonegoro dengan kisaran hasil 4,6-5,0 t/ha.

Singgih dan Hamdani (1998) menyatakan varietas Numbu beradaptasi baik pada lahan kering masam, hasil 5 t/ha, dan tahan terhadap penyakit karat dan bercak daun. Varietas Kawali dicirikan oleh karakter tanaman yang pendek (135 cm) dan bulir agak tertutup sehingga kurang disenangi hama burung. Kedua varietas ini mempunyai umur dalam, 100-105 hari. Karakteristik varietas yang dilepas pada periode 1970-2012 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penampilan fenotif varietas unggul sorgum untuk pangan dan pakan.

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	Elip
UPCA-S2	1972	4,0-4,9	105-110	180-210	22-26	Piramid
KD4	1973	4,0	90-100	140-180	20-24	Elip
Keris	1983	2,5	70-80	80-125	19-20	Elip
UPCA-S1	1985	4,0	90-100	140-160	20-22	Elip
Badik	1986	3,0-3,5	80-85	145	20-21	Elip
Hegari Genjah	1986	3,0-4,0	81	145	19	Elip
Mandau	1991	4,0-5,0	91	153	23	Piramid
Sangkur	1991	3,6-4,0	82-96	150-180	20-25	Elip
Numbu	2001	4,0-5,0	100-105	187,00	22-23	Elip
Kawali	2001	4,0-5,0	100-110	135,00	28-29	Elip

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

Tabel 5. Komposisi nutrisi varietas sorgum.

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

Sumber: Aqil *et al.* (2013)

Komposisi nutrisi varietas sorgum yang dilepas dalam periode 1970-2012 disajikan pada Tabel 5. 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 diversifikasi pangan. Selain itu, kandungan kalsium sorgum tinggi, 28 mg/100 g biji, sedangkan pada pada biji jagung hanya 9 mg/100 g dan beras 6 mg/100 g.

Krisis energi karena semakin berkurangnya cadangan bahan bakar minyak membuka peluang bagi pemanfaatan bioenergi. Sebelum dimanfaatkan sebagai bahan bakar, biomas tanaman harus diubah terlebih dahulu menjadi biogas atau bioetanol. Almodares dan Hadi (2007) memaparkan bahwa selain lebih adaptif terhadap perubahan iklim (kekeringan dan genangan), sorgum juga mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol melalui fermentasi bagase, juise, dan biji.

Sejumlah galur unggul introduksi maupun lokal Indonesia disilangkan untuk menghasilkan varietas unggul sorgum bagi produksi etanol. Etanol sorgum manis diperoleh dari nira batang sorgum, bagase, dan biji. Nira adalah cairan yang diperoleh dari hasil perasan batang sorgum manis, sedangkan bagase adalah ampas hasil perasan batang sorgum dalam bentuk selulosa, yaitu polisakarida yang dihidrolisis menjadi monosakarida seperti glukosa, sukrosa, dan bentuk gula lainnya yang kemudian dikonversi menjadi etanol. Sumber etanol dari biji adalah pati, yaitu karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimeran hidromonosakarida, di mana komponen utama penyusun pati, adalah amilosa dan amilopektin yang masing-masing tersusun atas satuan glukosa (rantai glukosida) yang dapat dikonversi menjadi etanol (Prasad *et al.* 2007, Shoemaker and Bransby 2010). Sarath *et al.* (2008) menjelaskan bahwa sorgum manis untuk bahan baku bioetanol dicirikan oleh akumulasi karbohidrat terfermentasi (FC) dalam batang yang mencapai 15-25%. Sorgum manis

Tabel 6. Potensi hasil etanol dari berbagai sumber tanaman (macam pati/nira).

Sumber karbohidrat	Hasil panen (t/ha/thn)	Hasil alkohol	
		Liter/ton	Liter/ha/thn
Molasses	3,6	270	973
Singkong	25	180	4500
Tebu	75	67	5025
Sorgum manis	80 <sup>1)</sup>	75	6000
Sagu	6,8 <sup>2)</sup>	608	4133
Ubi	62,5 <sup>3)</sup>	125	7812
Nipa	27	93	2500
Sorgum Biji	6	333,4	2000

<sup>1)</sup>2 kali panen/thn; <sup>2)</sup>Pati sagu kering; <sup>3)</sup>2½ kali panen/thn. (Diolah dari berbagai sumber).

mengandung FC lebih tinggi dibanding jagung sehingga sebagai tanaman biofuel akan lebih menguntungkan apabila dikembangkan pada daerah kering (Reddy *et al.* 2007). Data potensi hasil etanol dari berbagai macam tanaman disajikan pada Tabel 6.

Balai Penelitian Tanaman Serealia pada tahun 2013 telah melepas dua varietas unggul sorgum untuk bioetanol, yaitu Super-1 dan Super-2. Super-1 merupakan galur asal Sumba NTT. Varietas ini mempunyai beberapa kelebihan, di antaranya penampilan batang tanaman tinggi (2,16 m), umur 105 hari, potensi hasil 5,75 t/ha, kadar gula brix 13,47%, potensi biomas 38,70 t/ha dengan potensi etanol 4.220 liter/ha. Varietas ini juga mempunyai kelebihan lain yaitu dapat diratun sampai dua kali. Super-2 adalah galur asal ICRISAT dengan penampilan tanaman yang tinggi (2,3 m) namun umurnya agak dalam (115 hari). Varietas ini tahan rebah karena batangnya kokoh, potensi hasil biji 6,3 t/ha, kadar gula brix 12,65%, potensi etanol 4.119 liter/ha, dan potensi biomas 39,30 t/ha (Aqil 2013).

### Teknologi Budi Daya

Budi daya 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 yang maksimal (Tabri dan Zubachtirodin 2013).

Varietas sorgum sangat beragam, baik dari segi daya hasil maupun umur panen, warna biji, rasa, dan kualitas olah bijinya. Umur panen beragam, dari genjah (kurang dari 80 hari), sedang (80-100 hari), hingga dalam (lebih 100 hari). Tinggi batangnya bergantung pada varietasnya, pendek (< 100 cm), sedang (100-150 cm), dan tinggi (>150 cm). Varietas sorgum yang akan ditanam hendaknya disesuaikan dengan tujuan penggunaan dan pola tanamnya. Kebutuhan benih sorgum untuk satu hektar bervariasi, berkisar antara 10-15 kg. Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik diperlukan vigor kecambah benih yang baik, yaitu >90%. Penyemaian benih dilakukan selama 15-20 hari sebelum tanam. Cara pembuatan persemaian hampir sama dengan persemaian padi, bedanya untuk sorgum tidak digenangi air.

Penyiapan lahan dilakukan dengan membersihkan lahan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya. Pengolahan tanah dimaksudkan untuk menggemburkan tanah, meningkatkan aerasi dan mengendalikan pertumbuhan gulma. Setelah tanah diratakan, dibuat beberapa saluran drainase di tengah maupun di pinggir lahan. Penanaman dengan jarak tanam (60 cm-75 cm) x 20 cm. Pada lahan yang kurang subur dan kandungan air tanah rendah, sebaiknya digunakan jarak tanam lebih lebar atau populasi tanam dikurangi dari populasi baku (sekitar 125.000 tanaman/ha). Penanaman benih dilakukan dengan cara ditugal seperti halnya jagung dengan kedalaman lubang 5 cm. Setiap lubang tanam diisi 3-4 benih, kemudian ditutup dengan tanah ringan atau pupuk organik. Penutupan lubang tanam dengan pupuk organik atau abu atau tanah ringan akan memudahkan benih tumbuh. Pada umur 2-3 minggu setelah tanam dapat dilakukan penjarangan tanaman dengan meninggalkan dua tanaman/rumpun (Beti *et al.* 1990).

Beragamnya jenis tanah dan tingkat ketersediaan hara dalam tanah menjadikan rekomendasi takaran pupuk disesuaikan dengan kondisi setempat. Hasil penelitian di Arkansas, Amerika Serikat, menunjukkan bahwa hampir 50% N yang diberikan dialokasikan untuk pembentukan biji, dan 67% untuk P, sedangkan untuk K hanya 17%. Dari hasil penelitian ini juga diketahui bahwa penyerapan N untuk pertumbuhan sorgum tidak banyak selama 20 hari pertama, namun sampai umur tanaman 60 hari penyerapan N mendekati 60% dari total N yang diberikan. Berdasarkan hal tersebut maka pemberian

pupuk N dianjurkan untuk diberikan saat tanam sebanyak 1/3–1/2 takaran, dan sisanya diberikan pada saat tanaman sudah berdaun enam lembar atau berumur sekitar 30 hari (University of Arkansas 1998).

Tanaman sorgum dapat dipanen pada umur 3-4 bulan setelah tanam, bergantung pada varietas yang ditanam (Firmansyah *et al.* 2010). Saat panen dapat ditentukan berdasarkan umur setelah biji terbentuk atau dengan melihat ciri-ciri visual biji atau setelah lewat masak fisiologis. Panen juga dapat dilakukan setelah terlihat adanya ciri-ciri berupa daun berwarna kuning dan mengering, biji bernas dan keras dengan berkadar tepung maksimal. Panen sebaiknya dilakukan pada keadaan cuaca cerah/terang. Cara memanen yang baik adalah dengan memotong tangkai malai sepanjang 15-20 cm dari pangkal malai. Selanjutnya malai dijemur pada terik matahari dan kemudian dirontok.

### Teknologi Pascapanen

Teknologi pascapanen yang diperlukan dalam usahatani sorgum adalah peralatan prosesing, khususnya perontok dan penyosoh (Samuel *et al.*, 2003). Perontokan secara tradisional banyak dijumpai di tingkat petani, misalnya di Demak, petani umumnya merontok sorgum dengan memukul tumpukan malai dengan alu atau kayu dengan kapasitas kerja 15 kg/jam. Setelah dirontok, biji kemudian dibersihkan dengan cara 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 perontokan ini dapat merontok 1-2 ton sorgum/hari. Balai penelitian Tanaman Serealia telah merancang prototipe alat perontok multikomoditas untuk padi dan sorgum (Firmansyah *et al.* 2003). Hasil perbaikan perontok padi/kedelai untuk sorgum model PSPK-Balitsereal mempunyai kapasitas 343 kg/jam dengan efisiensi 90-93% pada putaran silinder perontok 500-700 rpm dan laju pengumpanan 6-8 kg/menit. Mesin tersebut juga diuji untuk merontok padi dengan kapasitas 220 kg/jam dan efisiensi 82,9% pada putaran silinder 600 rpm dan laju pengumpanan 7 kg/menit (Tabel 6).

Teknologi penyosohan sorgum diperlukan karena terdapatnya kandungan tanin pada biji. Tanin adalah senyawa polifenol, berasa pahit dan kelat, yang bereaksi dengan 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.* 2010). Varietas dengan warna biji merah

atau coklat biasanya mempunyai kandungan tanin yang lebih tinggi dibanding varietas yang warna bijinya putih.

Pelepasan tanin dari lapisan kulit luar sorgum dapat dilakukan melalui penyosohan. Penyosohan bertujuan untuk melepas lapisan kulit *pericarp* dan *germ*, namun tetap menjaga keutuhan lapisan *aleurone* dan bagian dalamnya. Beberapa metode penyosohan, diantaranya penyosohan secara tradisional dengan alu atau lumpang, penyosohan dengan mesin penyosoh tipe abrasif, dan penyosohan alkalis. Balai Penelitian Tanaman Serealia merancang prototipe mesin penyosoh khusus sorgum pada tahun 1995 dengan memodifikasi mesin penyosoh Model TGM-400 yang dibuat Jepang. Modifikasi dilakukan dengan memperpanjang dimensi alat, panjang dan diameter silinder penyosoh, serta model sarangan (Lando *et al.* 1998). 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 2.500 rpm. Pengembangan dan perbaikan rancangan pada tahun 2010 menghasilkan prototipe baru mesin penyosoh tipe abrasif PSA-M3 yang digerakkan motor 10 HP. Mesin ini mampu menyosoh biji sorgum dengan kapasitas 40 kg/jam, lebih tinggi dibandingkan dengan generasi pendahulunya yang hanya mempunyai kapasitas sosoh 29 kg/jam (Firmansyah *et al.* 2010).

### Penyediaan Benih untuk Petani

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas sorgum adalah penggunaan benih bermutu. Saenong *et al.* (2009) mengemukakan tiga aspek penting yang berkaitan dengan mutu benih yaitu: (1) teknik produksi benih berkualitas, (2) teknik mempertahankan kualitas benih yang telah didistribusikan, dan (3) teknik deteksi atau mengukur kualitas benih. Penggunaan benih unggul berkontribusi nyata terhadap penampilan fenotipik dan komponen hasil tanaman (Arief dan Zubachtirodin 2012). Penyediaan benih sorgum di tingkat petani secara berkelanjutan dengan mutu terjamin bukan hal yang mudah. Hasil studi di Nusa Tenggara Timur menunjukkan ketersediaan fasilitas penyimpanan dan pasar yang tidak jelas mempengaruhi kemampuan petani atau penangkar 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 institusi penelitian pemerintah, badan usaha milik swasta yang memproduksi dan memasarkan benih, dan institusi yang bertanggung jawab terhadap sertifikasi dan pengawasan mutu benih; (2) informal, terdiri atas sejumlah petani yang memproduksi benih varietas lokal atau varietas introduksi,

memasarkan sendiri hasilnya, dan melakukan uji coba terhadap varietas yang diproduksinya. Monyo *et al.* (2003) lebih lanjut membagi sistem perbenihan formal menjadi dua, yaitu (1) model *state/parastatal* dimana peneliti menyediakan benih penjenis untuk diperbanyak di kebun milik petani atau penangkar dengan sistem kontrak, dan (2) model swasta dimana peneliti menyiapkan benih untuk diperbanyak oleh pihak swasta dan petani yang bekerja sama dengan swasta.

Dalam sistem perbenihan di Indonesia, Balai Penelitian Komoditas diberikan kewenangan untuk melakukan pemuliaan/pembentukan varietas unggul sorgum, termasuk menyediakan benih sumber, khususnya benih kelas BS (*breeder seed*) dan FS (*Foundation Seed*). Selanjutnya benih dikirim ke Dinas Pertanian Provinsi di bawah koordinasi Direktorat Jenderal Tanaman Pangan untuk diperbanyak menjadi benih klas SS (*Stock Seed*) di BBI/BBU. Benih yang diproduksi oleh BBI/BBU disebar ke penangkar yang telah terlatih untuk memproduksi benih klas ES (*Extension seed*) yang siap dipasarkan ke pengguna (Bahtiar *et al.* 2007). Model produksi benih yang relatif panjang menyulitkan untuk mengontrol kualitas benih. Saenong *et al.* (2005) menyatakan bahwa penangkar yang dibina dengan baik mampu menghasilkan benih kelas SS, sementara BBU dapat menghasilkan benih kelas FS.

Namun saat ini, peran BBI, khususnya dalam penyediaan benih sorgum sangat terbatas. Pemerintah juga belum menempatkan sorgum sebagai prioritas dalam program perluasan area tanam dengan alasan bukan kebutuhan pokok, sehingga perluasan sorgum tidak masuk ke dalam rencana strategis dan belum ada anggaran khusus (Direktorat Budi Daya Serealia 2013). Mengingat peran BBI sangat strategis, maka besar pengaruhnya terhadap laju pengembangan komoditas sorgum di Indonesia. Data distribusi benih sumber sorgum kelas BS dalam periode 2008-2013 disajikan pada Tabel 7.

Dalam periode 2008-2012, minat untuk mengembangkan sorgum masih minim. Hal ini terlihat dari kecilnya permintaan benih sumber oleh BBI, BPTP, dan mitra lainnya, meski Balitsereal telah menyiapkan benih sumber dalam jumlah besar setiap tahunnya. Penyebaran benih dalam periode 2008-2012 hanya 847 kg atau 169 kg/tahun. Selain itu, benih kelas BS yang disebar hanya sebagian kecil yang diperbanyak menjadi benih kelas di bawahnya, tidak sampai pada kelas SS atau ES. Bahkan benih kelas BS langsung ditanam dan menjadi konsumsi atau pakan ternak. Hasil pengamatan di beberapa provinsi di kawasan timur Indonesia menunjukkan hampir semua BBI tidak mempunyai program perbanyak benih dan pengembangan sorgum. Hal ini diduga karena tidak adanya permintaan sorgum oleh petani.

Tabel 7. Jumlah benih kelas BS yang telah didistribusikan UPBS Balitsereal selama periode 2008-2013.

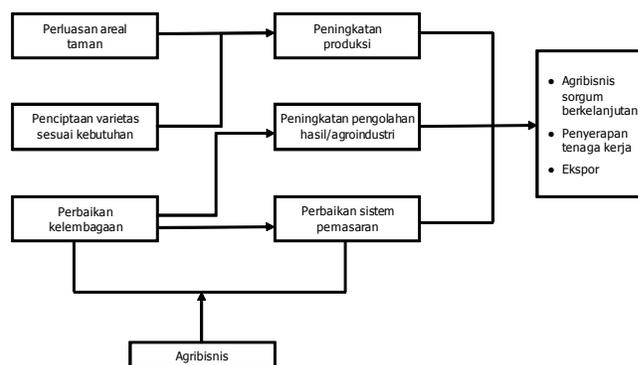
Varietas	Jumlah benih yang terdistribusi (kg)					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Numbu	234	13	10	36	178	3.272
Kawali	213	18	-	20	37	2.814
UPCA-S1	85	3	-	-	-	-
Jumlah	532	34	10	56	215	6.086
Wilayah penyebaran	Jabar, Kaltim, Sulsel, NTT, NTB	DIY, Kaltim, NTT, Sulsel, Jabar, Papua Selatan	NTT, Sulsel,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

Sumber: UPBS Balitsereal (2013).

Seiring dengan meningkatnya pengembangan industri bioetanol dari sorgum yang diprakarsai oleh Menteri BUMN pada akhir tahun 2012, permintaan benih sumber kembali meningkat. Kementerian BUMN berencana mengembangkan *pilot project* pengembangan sorgum di NTT, Sulawesi Tenggara, Jawa Timur, DIY, dan Sulawesi Selatan. Data UPBS 2013 menunjukkan permintaan benih kelas BS mencapai 61.000 kg dari Kementerian BUMN. Benih kelas BS selanjutnya diperbanyak menjadi kelas di bawahnya sebelum ditanam untuk produksi biji, biomas, maupun bioetanol pada areal >10.000 ha pada tahun 2014. Balitsereal juga telah melepas sorgum manis untuk mendukung pengembangan energi terbarukan yang telah dicanangkan pemerintah. Oleh karena itu, dibutuhkan sinergi antara kementerian terkait, baik Kementerian Pertanian, BUMN dan Perguruan Tinggi agar pengembangan sorgum lebih fokus, bukan hanya untuk pangan tetapi dalam bentuk diversifikasi usaha, diantaranya pakan ternak, sirup, bioetanol, dan lain-lain sehingga nilai ekonomi sorgum akan meningkat dan mampu bersaing dengan komoditas unggulan lainnya.

### Peningkatan Daya Saing Sorgum

Dalam upaya peningkatan daya saing sorgum diperlukan pendekatan pengelolaan tanaman berbasis agribisnis. Dalam analisis sederhana diperlukan paling tidak tiga langkah, yaitu (1) perluasan areal tanam sorgum, (2) penciptaan varietas unggul sorgum manis untuk bioetanol, dan (3) perbaikan aspek kelembagaan kelompok (Gambar 1). Perluasan areal dilakukan pada lokasi yang cocok secara agroklimat dan mempunyai potensi pasar untuk dibina menjadi sentra daerah. Pengembangan tahap awal dilaksanakan di sentra produksi dengan harapan petani produsen, baik secara individu maupun kelompok, dapat langsung memasarkan hasil pertaniannya ke wilayahnya, dan selanjutnya diolah menjadi produk berbasis agroindustri. Faktor kedua adalah penciptaan varietas sorgum manis untuk mendukung industri berbasis bahan



Gambar 1. Mekanisme pengembangan untuk meningkatkan daya saing sorgum.

bakar nabati seperti etanol yang dapat digunakan sebagai bahan baku substitusi bensin kompor bioetanol. Saat ini telah tersedia varietas sorgum manis yang mampu menghasilkan etanol 2.500 l/ha.

Perbaikan kelembagaan meliputi peningkatan pengolahan hasil/agroindustri dan perbaikan sistem pemasaran. Petani umumnya memiliki usaha skala kecil sehingga tidak efisien dalam pemasaran. Oleh karena itu, perbaikan kelembagaan memungkinkan berkembangnya industri hilir yang dapat menampung hasil petani. Agribisnis sorgum untuk bioetanol secara ekonomis lebih menjanjikan daripada pangan. Industri yang dapat dikembangkan adalah industri pembuatan bioetanol yang dapat dibuat di tingkat kelompok tani/gapoktan. Total investasi untuk fasilitas pengolahan batang sorgum menjadi etanol adalah Rp 20 juta. Dengan asumsi hasil etanol rata-rata 2.500 l/ha dan harga etanol kadar 95% Rp 70.000/l, maka secara ekonomis usahatani sorgum manis menguntungkan. Namun diperlukan pasar yang mampu menampung produk etanol sorgum. Alternatif lain adalah produksi masal kompor etanol untuk menggantikan bahan bakar gas sehingga dapat digunakan oleh petani sebagai pengganti bahan bakar gas. Untuk itu diperlukan

sosialisasi penggunaan etanol untuk berbagai produk industri. Kerja sama dengan lembaga permodalan juga dapat dilakukan untuk memperkuat *supply* dan *demand*.

Sosialisasi dan promosi agribisnis merupakan aspek penting, baik melalui kegiatan langsung di lapangan maupun melalui media. Strategi pembinaan dan pendampingan bagi petani juga harus dilakukan. Peningkatan produksi dan industri pengolahan hasil yang dibarengi dengan perbaikan sistem pemasaran dapat mewujudkan sistem agribisnis sorgum berkelanjutan dan menguntungkan bagi petani, menyerap tenaga kerja, dan membuka peluang pasar ekspor.

## KESIMPULAN

1. Perkembangan industri berbasis sorgum di tingkat global secara tidak langsung akan meningkatkan permintaan dan menjadi peluang bagi Indonesia untuk pengembangan sorgum. Optimalisasi pengembangan produksi sorgum di Indonesia akan dapat meningkatkan produksi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor.
2. Pada tahun 1980-2013 telah dilepas 13 varietas unggul sorgum dengan daya hasil cukup tinggi, berumur genjah, dan daya adaptasi yang luas telah berkontribusi dalam peningkatan produksi nasional. Varietas sorgum manis telah dilepas pada tahun 2013 dan diharapkan dapat berperan dalam pengembangan industri etanol berbasis sorgum di Indonesia. Penerapan teknologi budi daya dan pascapanen akan mampu memaksimalkan potensi hasil sorgum, baik untuk pangan maupun bioenergi.
3. Pengembangan sorgum dalam skala besar akan menimbulkan kompetisi penggunaan lahan dengan komoditas lain. Pengembangan sorgum dapat diarahkan pada lahan marginal, yang banyak tersebar di wilayah timur Indonesia.
4. Kemampuan untuk memproduksi benih cukup memadai dalam penyediaan benih sorgum di tingkat petani. Optimalisasi peran subsistem produksi benih dapat dilakukan melalui program yang terarah untuk produksi dan pendistribusian benih di lapangan. Perakitan varietas perlu memanfaatkan sebanyak mungkin sumber daya genetik lokal, digabungkan dan diseleksi secara terarah untuk target-target lingkungan tanah masam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almodares, A., M.R. Hadi, M. Ranjbar, and R. Taheri. 2007. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum. *Asian J. Plant Sci.* 6:423-426.
- Aqil, M., A. Prabowo, I.U. Firmansyah, dan IGP. Sarasutha. 2001. Penetapan jadwal tanam 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., Zubachtirodin, dan C. Rapar. 2013. Deskripsi varietas unggul jagung, sorgum, dan gandum. Edisi 2012. *Balai Penelitian Tanaman Serealia.*
- Arief, R. dan Zubachtirodin. 2012. Model penangkaran benih jagung berbasis komunitas. *IPTEK Tanaman Pangan* 7(2).
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2007. Prospek dan arah pengembangan agribisnis: tinjauan aspek kesesuaian lahan. Edisi II. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.* 30 p.
- Bahtiar, S. Pakki, dan Zubachtirodin. 2007. Sistem perbenihan jagung. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.*
- Barbanti, L., S. Grandi, A. Vecchi, and G. Venturi. 2006. Sweet and fiber sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), energi crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. *Europ. J. Agron.* 25(1):30-39.
- Beti, Y.A., A. Ispandi, dan Sudaryono. 1990. Sorgum. monograf No.5. *Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.*
- Dajue, L. dan S. Guangwei. 2000. Sweet sorghum a fine forage crop for the Beijing region, China. Paper Presented in *FAO e-Conference on Tropical Silage, 1 Sept-15 Dec 1999 in FAO, 2000.* Vol. 161: 123-124.
- 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.*
- Direktorat Budi Daya Serealia. 2013. Kebijakan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dalam Pengembangan Komoditas Serealia untuk Mendukung Pertanian Bioindustri. *Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Serealia, Maros, Sulawesi Selatan.*
- Firmansyah, I.U., M. Aqil, Suarni, M. Hamdani, dan O. Komalasari. 2010. Penekanan kehilangan hasil pada proses perontokan gandum (1,5%) dan penurunan kandungan tannin sorgum (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. 2003. 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.
- Furlani, P.R. 1981. Effects of aluminum on growth and mineral nutrition of sorghum genotypes. Ph.D. Thesis. University of Nebraska. Lincoln.
- Hasanah, U., Taryono, dan P. Yudono. 2010. Pengaruh salinitas terhadap komponen hasil empat belas kultivar sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench).
- 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. p. 479-500.
- ICRISAT. 2010. Seed production procedures in sorghum and millet. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Kleith, U., S. Bala, and B. Yoganand. 2002. Industrial utilization of sorghum in India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Lando, T.M., Y. Sinuseng, Suarni, dan B. Prastowo. 1998. Perancangan dan pembuatan mesin menyosoh sorgum. Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain.
- Monyo, E.S., M.A. Mgonja, 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 CIMMYT-ICRISAT, 3-6 Agustus 2003. Harare, Zimbabwe.
- Mudjishono, R. dan D.S. Damardjati. 1985. Masalah dan hasil penelitian pascapanen sorgum. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan, Bogor.
- Mulyani, A. dan I. Las. 2010. Potensi sumber daya lahan dan optimalisasi pengembangan komoditas penghasil bioenergi di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian.
- 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.
- 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. Edisi 2009. 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., A.A. Kumar, and S. Ramesh. 2007. Sweet sorghum: a water saving bio-energy crop. Patancheru-502 324. International Crops Res. Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India.
- Rismunandar. 1989. Sorgum tanaman serba guna. Sinar Baru, Bandung.
- Saenong, S., Bahtiar, Margareta, Y. Tandiang, R. Arief. 2005. Pembentukan dan pemantapan produksi benih bermutu mendukung industri benih berbasis komunal. Laporan Akhir Tahun Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Saenong, S., Margaretha, F. Koes, M. Sudjak, Y. Sinuseng, F. Koes, dan O. Komalasari. 2009. Pembentukan dan pemantapan produksi benih bermutu mendukung industri benih berbasis komunitas. Laporan Akhir Tahun Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Samuel, G., Mc. Nell, and M.D. Mantross. 2003. Harvesting, drying, and storing grain sorghum. College of Agriculture, University of Kentucky.
- Sarath, G., R.B. Mitchell, S.E. Sattler, D. Funnell, J.F. Pederson, R.A. Graybosch, and K.P. Ogel. 2008. Opportunities and roadblocks in utilizing forages and small grains for liquid fuels. J. Ind. Microbiol. Biotechnol 35:343-35.
- Shoemaker, C.E., and D.I. Bransby. 2010. The role of sorghum as a bioenergi feedstock. In: R. Braun, D. Karlen, and D. Johnson, editors, 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 M. Hamdani. 2002. Evaluasi daya hasil galur sorgum. Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain, Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain, Maros, Sulawesi Selatan.
- Smith, C.W. and R.A. Frederiksen. 2000. Sorghum: origin, history, technology and production. John Wiley and Sons Inc., New York. p. 824.

- Subagio, H. dan Syuryawati. 2013. Wilayah penghasil dan ragam penggunaan sorgum untuk pengembangan tanaman sorgum di Indonesia. Laporan Tengah Tahunan Balitsereal.
- Subandi dan Roesmarkan. 1988. Perbaikan varietas. Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. p. 81-98.
- Tabri, F. dan Zubachtirodin. 2013. Budi daya tanaman sorgum. Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 175:187.
- U.S. Grain Council. 2011. Developing markets, enabling trading of US barley, corn, and grain sorghum. USA.
- Unit Pengelola Benih Sumber Balitsereal. 2013. Laporan produksi dan distribusi benih jagung, sorgum, dan gandum tahun 2013. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, Sulawesi Selatan.
- University of Arkansas. 1998. Fertilizer requirements for corn and grain sorghum. University of Arkansas, USA.
- Wikipedia. 2013. Tanin pada tanaman sorgum. <http://id.wikipedia.org/wiki/Tanin>.