

Upaya peningkatan produksi sorgum nasional masih terbuka lebar baik melalui peningkatan produktivitas maupun perluasan areal tanam, khususnya di wilayah beriklim kering dengan curah hujan eratik di luar Jawa. Walaupun kecenderungan produksi sorgum mengalami stagnasi namun dengan melalui penerapan teknologi budidaya yang baik akan dihasilkan berbagai macam produk bukan hanya pangan tetapi juga pemanfaatan batang sorgum manis untuk produksi bioethanol. Kegiatan litbang tanaman sorgum dari berbagai institusi baik Lembaga penelitian maupun universitas telah mampu menyediakan teknologi produksi sorgum dengan tingkat produktivitas > 5 ton/ha serta potensi nilai tambah dari produk bioethanol, tergantung pada potensi lahan dan teknologi produksinya.

Pengembangan tanaman sorgum di Indonesia dilakukan umumnya pada agroekosistem lahan beriklim kering sehingga untuk mengoptimalkan produksi tanaman diperlukan teknologi yang sesuai dengan agroekosistem pengembangannya masing-masing. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui Balai Penelitian Tanaman Serealia telah banyak menghasilkan inovasi teknologi produksi tanaman sorgum. Teknologi produksi yang dimaksud meliputi varietas unggul, benih bermutu, penyiapan lahan yang hemat tenaga, teknologi pengelolaan hara serta teknologi pasca panen yang efisien sesuai dengan kondisi lahan dan sosial ekonomi masyarakat. Dengan memadukan sejumlah komponen teknologi yang sesuai dengan lingkungan tumbuh tanaman sorgum diharapkan mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi produksi, dan meningkatkan pendapatan petani.

Buku "Teknologi Budidaya Tanaman Sorgum Unggul Bebas Limbah" ini disusun sebagai acuan untuk pengelolaan lahan dalam rangka peningkatan produksi tanaman sorgum. Kepada semua pihak yang telah menyumbangkan pemikiran dalam penyusunan buku ini disampaikan terima kasih.

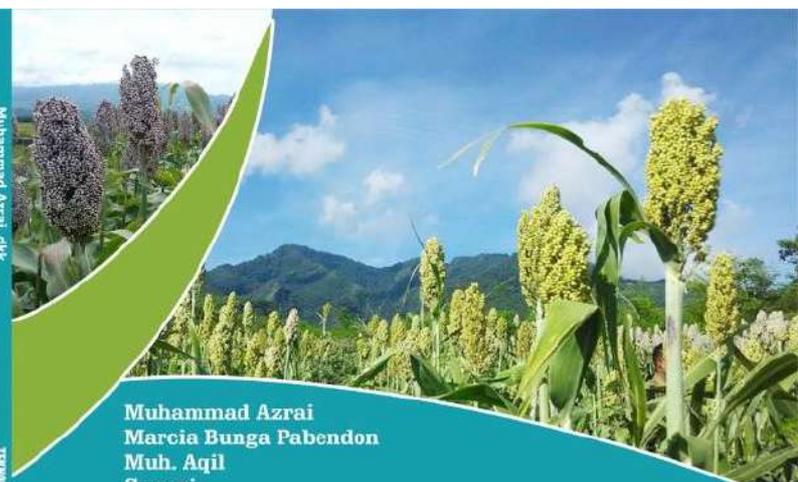
CAKRAWALA
YOGYAKARTA

CV. CAKRAWALA YOGYAKARTA
Rejowinangun KG 1/385. RT.27 RW 09
Kotagede Yogyakarta
Email : samaraoffset@yahoo.com
Anggota IKAPI No : 080/DIY/2012

ISBN 978-623-7362-23-4



9 786237 362234



Muhammad Azrai
Marcia Bunga Pabendon
Muh. Aqil
Suarni
Rahmi Yuliani Arvan
Bunyamin Zainuddin
Nining Nurini Andayani

TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN
SORGUM
UNGGUL
BEBAS LIMBAH

Muhammad Azrai, dkk

TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN SORGUM UNGGUL BEBAS LIMBAH

CAKRAWALA

TEKNOLOGI BUDIDAYA
TANAMAN SORGUM
UNGGUL BEBAS LIMBAH

TEKNOLOGI BUDIDAYA
TANAMAN
SORGUM
UNGGUL BEBAS LIMBAH

Muhammad Azrai
Marcia Bunga Pabendon
Muhammad Aqil
Suarni
Rahmi Yuliani Arvan
Bunyamin Zainuddin
Nining Nurini Andayani

GAKRAWALA
YOGYAKARTA

**TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN SORGUM
UNGGUL BEBAS LIMBAH**

Cetakan I Januari 2021
x + 86 hlm.; 15,5 cm x 23 cm
ISBN: 978-623-7362-23-4

Penyusun:
Muhammad Azrai
Marcia Bunga Pabendon
Muhammad Aqil
Suarni
Rahmi Yuliani Arvan
Bunyamin Zainuddin
Nining Nurini Andayani

Editor :
Tim Balitsereal dan Puslitbang Tanaman Pangan

Layout :
JanurJene

Desain Cover :
Akanta Muhammad

Penerbit:
CV. CAKRAWALA YOGYAKARTA
Rejowinangun KG I/385, RT. 27 RW 09 Kotagede Yogyakarta
Email : samaraoffset@yahoo.com

KATA PENGANTAR

Upaya peningkatan produksi sorgum nasional masih terbuka lebar baik melalui peningkatan produktivitas maupun perluasan areal tanam, khususnya di wilayah beriklim kering dengan curah hujan eratik di luar Jawa. Walaupun kecenderungan produksi sorgum mengalami stagnasi namun dengan melalui penerapan teknologi budidaya yang baik akan dihasilkan berbagai macam produk bukan hanya pangan tetapi juga pemanfaatan batang sorgum manis untuk produksi bioethanol. Kegiatan litbang tanaman sorgum dari berbagai institusi baik Lembaga penelitian maupun universitas telah mampu menyediakan teknologi produksi sorgum dengan tingkat produktivitas > 5 ton/ha serta potensi nilai tambah dari produk bioetanol, tergantung pada potensi lahan dan teknologi produksinya

Pengembangan tanaman sorgum di Indonesia dilakukan umumnya pada agroekosistem lahan beriklim kering sehingga untuk mengoptimalkan produksi tanaman diperlukan teknologi yang sesuai dengan agroekosistem pengembangannya masing-masing. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui Balai Penelitian Tanaman Serealia telah banyak menghasilkan inovasi teknologi produksi tanaman sorgum. Teknologi produksi yang

dimaksud meliputi varietas unggul, benih bermutu, penyiapan lahan yang hemat tenaga, teknologi pengelolaan hara serta teknologi pasca panen yang efisien sesuai dengan kondisi lahan dan sosial ekonomi masyarakat. Dengan memadukan sejumlah komponen teknologi yang sesuai dengan lingkungan tumbuh tanaman sorgum diharapkan mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi produksi, dan meningkatkan pendapatan petani.

Buku “Teknologi Budidaya Tanaman Sorgum Unggul Bebas Limbah” ini disusun sebagai acuan untuk pengelolaan lahan dalam rangka peningkatan produksi tanaman sorgum. Kepada semua pihak yang telah menyumbangkan pemikiran dalam penyusunan buku ini disampaikan terima kasih.

Maros, 10 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar — v

Daftar Isi — vii

Daftar Gambar — ix

BAB I

PENDAHULUAN — 1

Potensi Pemanfaatan Sorgum di Lahan Kering dan Lahan Kritis
— 4

Ragam Penggunaan Tanaman Sorgum — 7

BAB II

TAKSONOMI DAN ASAL USUL TANAMAN SORGUM — 11

BAB III 15

KARAKTERISTIK TANAMAN SORGUM — 15

A. Jenis dan Varietas Sorgum — 15

B. Karakteristik Tanaman Sorgum — 18

C. Tipe Penyerbukan Tanaman Sorgum — 19

D. Fase Pertumbuhan — 20

E. Ratun Tanaman Sorgum — 23

F. Struktur Biji Dan Komposisi Kimia Biji Sorgum — 26

G. Komponen Pangan Fungsional — 29

BAB IV

SYARAT TUMBUH TANAMAN SORGUM — 35

- Kesesuaian Lahan — 35
- Tanah — 37
- Agroklimat Wilayah — 37

BAB V

KETERSEDIAAN TEKNOLOGI — 39

- A. Varietas Unggul untuk Pangan dan Bioenergi — 39
- B. Kualitas Benih — 43
- C. Penyiapan lahan — 45
- D. Penanaman — 45
- E. Pemupukan — 47
- F. Pemeliharaan — 49
- G. Cekaman Kekeringan — 51
- H. Hama dan Penyakit Tanaman Sorgum — 52

BAB VI

PANEN DAN PASCAPANEN — 59

- Panen Dan Pascapanen Serta Pengolahan Sorgum — 59
 - Pemanenan, Pengeringan & Perontokan — 60
 - Peyimpanan Sorgum — 62
- Pemanfaatan Sorgum Untuk Diversifikasi Pangan Dan Industri — 65
 - Penyosohan dan Penepungan — 65
 - Pati Sorgum — 69
 - Bahan Diversifikasi Pangan — 70
 - Pemanfaatan Sorgum (Sosoh, Tepung dan Pati) — 73
 - Sorgum untuk Industri — 75

DAFTAR PUSTAKA — 79

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Ras sorgum ; A = bicolor, B = caudatum, C = durra, D = guinea and E = kafir (Harlan and de Wet, 1972). — 13
- Gambar 2. Varietas sorgum yang diperoleh melalui proses persilangan manual — 16
- Gambar 3. Varietas sorgum yang diperoleh melalui proses mutasi. (Soeranto, 2020) — 17
- Gambar 4. Diagram tanaman sorgum dan bagian-bagiannya. — 18
- Gambar 5. Fase pertumbuhan tanaman sorgum — 23
- Gambar 6. Struktur biji sorgum (Hubbard et al., 1968) — 29
- Gambar 7. Varietas unggul baru sorgum (Soper 7 dan Soper 9) — 46
- Gambar 8. Hama lalat bibit pada tanaman sorgum — 53
- Gambar 9. Hama burung pada tanaman sorgum — 54
- Gambar 9. Gejala penyakit antraknosa pada tanaman sorgum — 57
- Gambar 10. Pemberian uap pada malai sorgum sebelum penyimpanan (Suarni *et al.* 2019) — 64
- Gambar 11. Proses pengolahan sorgum sosoh & tepung sorgum (Suarni 2005) — 66
- Gambar 12. Aneka Produk Olahan Tradisional & Modern — 72

BAB I

PENDAHULUAN

SORGUM merupakan salah satu komoditas tanaman pangan penting khususnya di wilayah kering dan semi kering di Benua Asia dan Afrika. Komoditas ini dikenal berdaya adaptasi luas khususnya pada lahan marjinal dengan tingkat kesuburan rendah. Budidaya tanaman sorgum juga populer di kalangan petani di daerah miskin karena tanaman ini tidak memerlukan modal, produktifitas rendah dan biji hasil panen digunakan untuk pangan pokok atau pakan ternak. Pada dekade terakhir, eksplorasi tanaman sorgum diarahkan sebagai produk bioenergi khususnya pengembangan sorgum manis sehingga menambah nilai tambah tanaman sorgum secara ekonomi.

Tanaman sorgum mempunyai tipe sumber cahaya energi untuk fotosintesis jenis C4 yang memungkinkan tanaman ini untuk mengonsumsi sedikit air (efisiensi penggunaan air tinggi), efisien dalam penggunaan cahaya matahari, penggunaan zat hara yang efisien sehingga memungkinkan tanaman ini beradaptasi baik pada lingkungan kering dan suhu tinggi). Sebagai tanaman jenis

C4, sorgum mempunyai karakter anatomi daun yang spesifik yaitu terdapatnya kloroplas pada lapisan mesofil serta karakter lain yang meningkatkan efisiensi proses fotosintesis tanaman.

Walaupun secara genetik sorgum memiliki ketahanan pada kondisi ekstrim, teknologi pengelolaan tanaman juga berperan dalam menghasilkan produksi yang optimal. Pada wilayah marginal di Afrika produktivitas hasil biji tanaman sorgum tergolong rendah antara 1-2 t/ha sedangkan di negara maju dengan teknologi budidaya yang lebih baik diperoleh hasil di atas 4 t/ha. Di Indonesia sendiri, produktivitas hasil dari budidaya sorgum berkisar antara 2-5 t/ha. Perbedaan hasil sorgum yang sangat kontras antara wilayah/ agroekosistem disebabkan oleh perbedaan dalam hal teknik budi daya dan kondisi lingkungan tumbuh. 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/tidak menentu, sehingga tanaman sering tercekam kekeringan. Tanaman umumnya tidak dipupuk dan ditanam pada lahan dengan kesuburan tanah rendah. Suhu tinggi dan kelembaban tanah yang rendah mengakibatkan tanaman mengalami multi-stress, yang berakibat hasil rendah, di bawah 1 t/ha karena pertumbuhan tanaman tergantung sepenuhnya kepada kondisi dan kemampuan lingkungan. Petani sorgum di India, dengan teknik budi dayan intensif menggunakan benih varietas hibrida dan memberikan pupuk dengan dosis optimal memanen sorgum hingga 4-5 t/ha (Kelley et al. 1992).

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 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 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).

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

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

Sumber: Icrisat (2010)

Di Indonesia sendiri, tanaman sorgum diperkirakan dibawa oleh kolonial Belanda pada tahun 1925, tetapi perkembangannya baru terlihat pada tahun 1940-an sebagai sumber bahan pangan pada musim paceklik. Luas tanam sorgum pada tahun 1990 mencapai 18.000 ha dan tersebar di daerah Demak, Wonogiri, Sulawesi Selatan dan NTT. Pada tahun 2011 luas tanam sorgum menurun drastis karena terdesak oleh komoditas yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi seperti jagung, padi gogo dan kedelai. Pada tahun 2020 pengembangan sorgum dilakukan oleh Kementerian

Pertanian pada luasan 5.000 ha pada wilayah NTT, DIY, Sultra dan Sulsel. Pergeseran wilayah utama penghasil sorgum dari pulau Jawa kepada wilayah Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara dan Selatan disebabkan persaingan antar komoditas terutama tanaman semusim, kesesuaian agroekologi lahan kering, sistem irigasi terbatas/tadah hujan dan peluang integrasi dengan sektor peternakan dan bahan baku industri.

Sorgum mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan di Indonesia karena mempunyai daya adaptasi yang luas. Potensi dan keunggulan yang dimiliki sorgum antara lain beradaptasi baik pada lahan suboptimal seperti lahan kering, lahan rawa dan lahan masam yang tersedia cukup luas di Indonesia. Seiring terjadinya krisis BBM dunia, tanaman penghasil sumber energy terbarukan kembali mendapat perhatian. Sorgum termasuk salah satu tanaman penghasil bioenergi dan mempunyai potensi untuk dibudidayakan pada lahan kering, lahan kritis dan lahan rawa yang banyak terdapat di Indonesia.

Potensi Pemanfaatan Sorgum di Lahan Kering dan Lahan Kritis

Wilayah penghasil sorgum dekade 2000 telah mengalami pergeseran yang sebelumnya berpusat di pulau Jawa, mengalami pergeseran ke luar Jawa. Peluang sorgum dikembangkan pada lahan kering cukup luas, baik pada wilayah beriklim basah (Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua) maupun wilayah beriklim kering (Nusa Tenggara, Sulawesi Tenggara, dan sebagian Sumatera dan Jawa). Total lahan kering di Indonesia diperkirakan seluas 144,5 juta hektar. Dari luasan tersebut, sebanyak 70,6% atau 102 juta merupakan wilayah dataran rendah beriklim basah sedangkan 22% atau 31,7 juta merupakan lahan dataran tinggi beriklim basah. Proporsi lahan dataran rendah beriklim kering sebanyak 9,3 juta ha umumnya di jumpai di wilayah Nusa Tenggara, Sulawesi dan Papua,

Lahan kering iklim basah (lahan kering masam) mempunyai tingkat kesuburan tanah rendah, yang dicirikan oleh pH masam, C-organik, basa-basa dapat tukar, KB dan KTK rendah, sehingga untuk usaha pertanian diperlukan input yang cukup tinggi. Selain itu, potensi erosi di lahan kering masam pun cukup tinggi karena lebih dari 50% areal lahan kering masam berada pada bentuk wilayah berombak sampai bergunung (Subagyo et al. 2006).

Lahan kering masam didominasi jenis tanah Ultisols dan Oxisols yang memiliki indeks kepekaan tanah terhadap erosi berkisar antara 0,09-0,27 (Ultisols) dan 0,02-0,09 (Oxisols), artinya tingkat kepekaan tanah Ultisols terhadap erosi 3-4 kali lebih besar dibanding Oxisols. Lahan kering iklim kering mempunyai curah hujan tahunan rendah tetapi didominasi lahan berlereng, sehingga selain kelangkaan air, potensi bahaya erosi di wilayah ini juga tinggi. Nusa Tenggara Timur yang didominasi wilayah berbukit dan bergunung dengan lereng >30%, umumnya didominasi oleh tanah dengan solum dangkal dan berbatu, sehingga tolerable soil loss (TSL) atau erosi masih diperbolehkan hanya berkisar antara 1,12-2,24 ton/ha/tahun. Beberapa komoditas pertanian sulit tumbuh dan berkembang di kawasan yang bersolum dangkal ini, sehingga banyak ditemukan padang penggembalaan yang hanya ditumbuhi rerumputan yang cocok untuk pengembangan peternakan. Penyediaan sumberdaya air permukaan seperti embung, pompanisasi, dam parit, dapat meningkatkan indeks pertanian terutama untuk sayuran berumur pendek yang mempunyai nilai ekonomis tinggi.

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. 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 di Jawa Barat.

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

Pulau	Lahan Kering (ha)				Total
	DRIB	DRIK	DTIB	DTIK	
Sumatera	22.399.193	429.035	10.426.569	0	33.254.797
Jawa	6.137.293	1.173.717	2.454.816	508.781	10.274.607
Bali & NT	1.210.695	4.424.795	415.797	652.942	6.704.411
Kalimantan	40.038.174	0	1.576.445	0	41.614.619
Sulawesi	8.082.917	2.115.463	6.109.154	267.093	16.574.626
Maluku	6.287.056	0	1.162.130	0	7.449.186
Papua	17.851.940	1.179.055	9.569.970	0	28.600.966
Indonesia	102.007.267	9.322.065	31.715.064	1.428.816	144.473.211
% Lahan kering	70.61	6.45	21.95	0.99	100.00
% Indonesia	53.38	4.88	16.60	0.75	75.60

Sumber: BBSDLP, 2014. DRIB= Dataran rendah iklim basah, DRIK = Dataran rendah iklim kering, DTIB= Dataran tinggi iklim basah, DTIK= Dataran tinggi iklim kering

Berdasarkan curah hujan pada agroekosistem setempat, pola tanam yang diterapkan oleh petani adalah: pada lahan kering beriklim kering pola tanamnya meliputi sorgum-sorgum-bera atau sorgum-sorgum (ratun 1) -bera. Sementara itu pada lahan kering beriklim basah pola tanamnya meliputi jagung -sorgum (ratun 1) -bera atau sorgum-sorgum (ratun 1) – sorgum (ratun II). Pada lahan tadah hujan pola tanam yang dilakukan adalah padi-sorgum-bera atau padi-sorgum -sorgum. 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 (Aqil dan Bunyamin, 2014)

Ragam Penggunaan Tanaman Sorgum

Potensi sorgum sebagai bahan pangan cukup besar terutama sebagai bahan 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 larutan Na_2CO_3 . Kandungan nutrisi sorgum cukup tinggi dibanding bahan pangan yang lain, sehingga sering dipergunakan sebagai substitusi bahan pangan untuk produk olahan terutama yang berbasis beras maupun terigu.

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak tersentuh padahal sorgum mengandung serat pangan yang dibutuhkan tubuh (dietary fiber) untuk pencegahan penyakit jantung, obesitas, penurunan hipertensi, menjaga kadar gula darah dan pencegahan kanker usus. Beberapa senyawa fenolik sorgum diketahui memiliki aktivitas anti oksidan, anti tumor dan dapat menghambat perkembangan virus sehingga bermanfaat bagi penderita penyakit kanker, jantung dan HIV (Dicko et. al., 2006). Sorgum memiliki kandungan gluten dan indeks glikemik (IG) yang lebih rendah sehingga sangat sesuai untuk diet gizi khusus.

Beberapa jenis produk olahan makanan dari sorgum antara lain: (1) sejenis roti seperti chapati, Aneka kue, bolu, tortila, injera, kisia, dosai (2) bentuk bubur berupa tuwu, ugali, bagobe, sankati, ogi, ugi, ambili, edi, (3) camilan berupa pop sorgum, tape, emping (4) sorgum rebus, misalnya: urap sorgum, som dan (5) bentuk dikukus misalnya couscous, wowoto, juadah-sorgum.

Penggunaan biji sorgum dalam ransum pakan ternak bersifat suplemen (substitusi) jagung, karena memiliki kandungan nutrisi hampir sama dengan jagung. Biji sorgum hanya digunakan dalam jumlah terbatas karena berpengaruh terhadap fungsi asam amino dan protein. Penggunaan biji sorgum untuk ransum harus mempertimbangkan kandungan tanin kurang dari 0,5%. Hasil penelitian dari Balitnak Bogor (2006) menyimpulkan bahwa kandungan tanin di atas 0,5% dapat menekan pertumbuhan ayam, dan bila mencapai 2% akan menyebabkan kematian.

Lebih lanjut, penggunaan biji sorgum yang memiliki kandungan tanin kurang 0,5% dapat digunakan sebagai ransum pakan ayam hingga 30–60% karena tidak berpengaruh terhadap performa ayam. Penggunaan biji sorgum tersebut dalam ransum juga tidak mempengaruhi produksi telur dan bobot ayam.

Limbah sorgum (daun dan batang segar) dapat dimanfaatkan sebagai hijauan pakan ternak. Potensi daun sorgum manis sekitar 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, 2013).

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

Biji sorgum memiliki kandungan pati sekitar 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 alkohol. Pembuatan alkohol terutama dari biji sorgum yang berkualitas rendah atau berjamur. Selain dari 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 tersebut 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 dengan menggunakan Amylum Separator.

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

Produk industri penting dari biji sorgum adalah bahan baku industri bir. Selama dekade terakhir, seperti Afrika Selatan dan beberapa lainnya, biji sorgum dapat menggantikan barley dalam pembuatan bir (Edy, 2013). Sifat kimia biji sorgum yang sangat penting 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 sangat sulit dihidrolisis

BAB II

TAKSONOMI DAN ASAL USUL TANAMAN SORGUM

SORGUM (*Sorghum bicolor*) merupakan salah satu komoditas serealia yang pertama kali dibudidayakan umat manusia, bersamaan dengan dimulainya kegiatan bercocok tanam dan memelihara hewan seperti sapi dan biri-biri khususnya di wilayah Afrika Timur dan dataran tinggi Ethiopia (De wet and Harian, 1971). 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.

Seiring perkembangan waktu, sorgum terus melalui proses evolusi dan seleksi baik melalui proses alamiah maupun melalui campur tangan manusia/persilangan untuk menghasilkan sorgum jenis baru dengan daya adaptasi tinggi pada lingkungan tertentu.

Proses evolusi kemudian menghasilkan lima ras dasar serta 10 ras intermedit. Ras sorgum tersebut dibedakan berdasarkan karakteristik bentuk biji, bulir serta malai yaitu (ICRISAT 2002). Adapun kelima ras dasar adalah bicolor, guinea, caudatum, kafir, dan durra, sedangkan ras intermedit meliputi Ras guinea-bicolor, Ras caudatum-bicolor, Ras kafir-bicolor, Ras durra-bicolor, Ras guinea-caudatum, Ras guinea-kafir, Ras guinea-durra, Ras kafir-caudatum, Ras durra-caudatum, Ras kafir-durra.

Ras bicolor adalah ras dengan tipe morfologi yang paling primitif dengan susunan bulir yang terbuka pada malai. Ras ini secara morfologi menyerupai padi dan banyak terdapat di Afrika dan Asia. Sebagian 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.

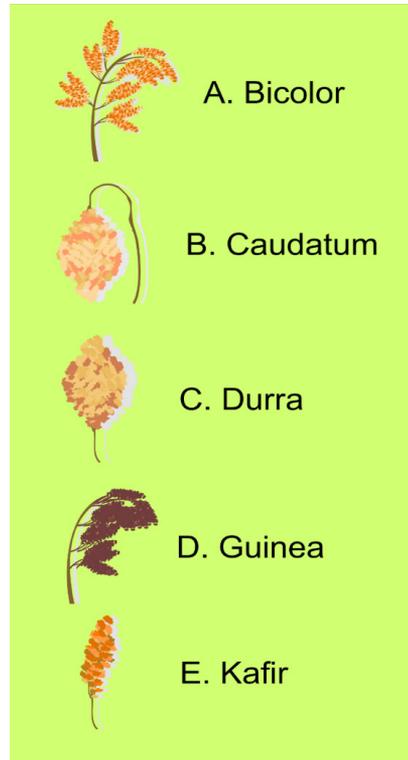
Ras durra bentuk bulirnya bulat pada bagian atas dan bagian dasar menyempit. Ras ini banyak dijumpai di Asia Barat, sebagian India dan Afrika (Harlan and De Wet, 1972). Ras ini paling banyak dieksplorasi gennya untuk perbaikan sifat genetik sorgum.

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 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).

Sorgum mempunyai berbagai nama yang berbeda di setiap wilayah. 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.

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



Gambar 1. Ras sorgum ; A = bicolor, B = caudatum, C = durra, D = guinea and E = kafir (Harlan and de Wet, 1972).

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*

Dalam sistematika tumbuhan, tanaman sorgum termasuk ke dalam tumbuhan biji berkeping satu (Monocotyledoneae) dengan family Graminae yaitu tumbuhan jenis rumput-rumputan. Dengan demikian, sorgum merupakan tanaman sereal yang termasuk ke dalam famili Poaceae dan tribe Andropogon (Doggett 1988, Wikipedia 2013).

BAB III

KARAKTERISTIK TANAMAN SORGUM

A. Jenis dan Varietas Sorgum

Jenis ras dan spesies sorgum terus mengalami perkembangan seiring perkembangan zaman. Proses seleksi baik yang sifatnya alami ataupun melalui campur tangan manusia terus berkembang seiring berkembangnya riset sorgum tidak hanya terbatas pada persilangan manual tetapi juga persilangan dengan menggunakan teknik mutasi. Saat ini terdapat lima ras dasar serta 10 ras intermedit. Ras sorgum tersebut dibedakan berdasarkan karakteristik bentuk biji, bulir serta malai yaitu (ICRISAT 2002). Adapun kelima ras dasar adalah bicolor, guinea, caudatum, kafir, dan durra, sedangkan ras intermedit meliputi Ras guinea-bicolor, Ras caudatum-bicolor, Ras kafir-bicolor, Ras durra-bicolor, Ras guinea-caudatum, Ras guinea-kafir, Ras guinea-durra, Ras kafir-caudatum, Ras durra-caudatum, Ras kafir-durra.

Pembentukan varietas dengan menggunakan metode persilangan konvensional dilakukan dengan pemilihan populasi baru yang dibentuk. Populasi tersebut idealnya 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. Adapun tahapan pembentukan populasi sorgum meliputi tiga tahap, dimulai dengan seleksi tetua, dan diikuti dengan introgresi gen mandul jantan (*male sterility*), serta persilangan acak antartetua (Nath 1982). Perbaikan dalam populasi dapat dilakukan melalui seleksi massa, saudara tiri (*half-sib*), saudara kandung (*full-sib*), famili S1, famili S2, dan *testcross*.

Metode perakitan varietas yang juga cukup populer adalah penggunaan iptek nuklir melalui induksi mutasi pada materi genetik. Kemampuan tersebut dimungkinkan karena nuklir memiliki energi cukup tinggi untuk dapat menimbulkan perubahan

Gambar 2. Varietas sorgum yang diperoleh melalui proses persilangan manual



pada struktur atau komposisi materi genetik tanaman (level genom, kromosom, gen atau DNA). 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.

Soeranto (2020) menyatakan bahwa varietas yang dikembangkan menggunakan teknik mutasi dapat meningkatkan hasil biji antara 38-52%. Biji dari varietas hasil mutasi juga dilaporkan memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi walaupun kandungan tanin pada biji masih tinggi, yang mana kandungan tanin yang dipersyaratkan untuk penggunaan sorgum sebagai bahan pangan adalah $> 0,025\%$.

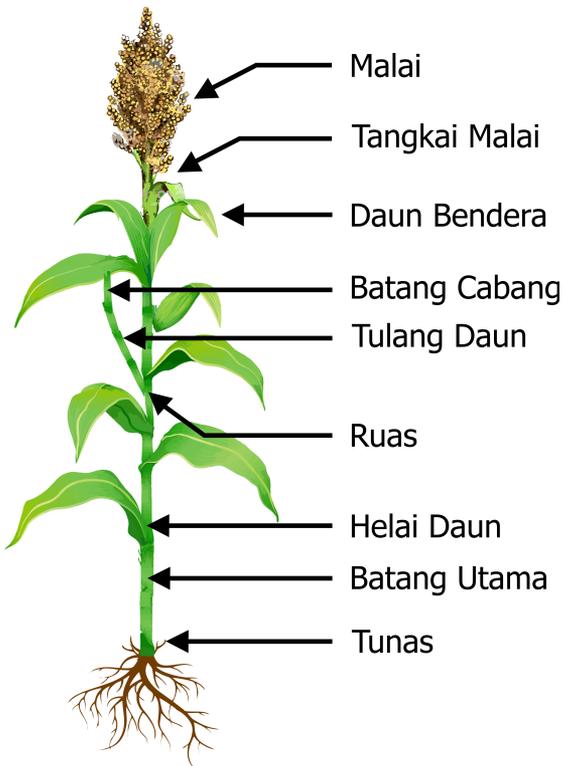


Gambar 3. Varietas sorgum yang diperoleh melalui proses mutasi. (Soeranto, 2020)

B. Karakteristik Tanaman Sorgum

Tanaman sorgum sekeluarga dengan tanaman serealia lainnya seperti padi, jagung, jelai dan gandum. Tanaman sorgum yang dibudidayakan di Indonesia memiliki tinggi sekitar 1,6 – 3 m. Pohon dan daun nya mirip tanaman jagung. Khusus jenis sorgum manis, tinggi tanaman bisa mencapai 5 m sehingga sesuai untuk bahan penghasil pakan ternak dan gula (FAO, 2002).

Sistim perakaran tanaman adalah akar serabut dengan jumlah akar sekunder dua kali lebih banyak dibandingkan tanaman jagung. Ruang tempat tumbuh akar mencapai kedalaman 1,3 – 1,8 m dengan panjang bisa mencapai 10,8 m (Singh et al, 1974). Daun tanaman berbentuk pita dengan struktur terdiri atas helai daun dan tangkai daun. Panjang daun rata-rata 1 m dengan lebar 5-13 cm. jumlah daun rata-rata 25-40 helain per tanaman.



Gambar 4. Diagram tanaman sorgum dan bagian-bagiannya.

Tanaman sorgum dicirikan oleh adanya malai pada pucuk tanaman. Malai tersusun atas tandan primer, sekunder dengan panjang 19-26 cm. Umur tanaman sorgum berkisar antara 70 – 120 hari tergantung jenis varietas yang ditanam. Sorgum varietas Keris mempunyai umur rata-rata 70-80 hari sedangkan sorgum varietas Super 2 mempunyai umur 115-120 hari. Potensi hasil tanaman berkisar antara 2,5 – 6,3 ton biji sorgum per ha.

Sorgum memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku industry pangan, pakan dan industry. Tepung sorgum dapat diolah menjadi bahan baku kue kering atau substitusi dengan terigu. Brangkas tanaman dapat diolah menjadi pakan ternak sapi dan kambing. Selain itu batang sorgum manis juga dapat diolah menjadi berbagai macam produk industri seperti gula cair, glukosa, etanol dan lain lain.

C. 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 karena sebagian besar tipe sorgum panikelnya terbuka.

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 antar tanaman 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.

D. Fase Pertumbuhan

Fase pertumbuhan tanaman sorgum dibagi menjadi beberapa tahapan dimulai dari fase benih berkecambah sampai dengan fase masak fisiologis (Pioner, 2015). Fase pertumbuhan tanaman sorgum secara umum dibagi menjadi tiga bagian yaitu fase pertumbuhan (perkecambahan sampai vegetatif akhir), fase

generatif (pembungaan/pembentukan malai) serta fase reproduksi (pengisian biji/pemasakan). Pada setiap fase terdapat tahapan yang jumlahnya meliputi sembilan tahapan yaitu tahapan berkecambah (*emergence*), tahapan dimana daun ketiga telah muncul, daun kelima telah muncul, vegetative akhir (*head emergence*), munculnya daun bendera (*flag leaf*), daun tanaman sudah sempurna (*boot*), pembungaan (*flowering*), masak susu (*soft dough*), pengerasan biji (*hard dough*) serta tahapan masak fisiologis (*physiological maturity*) (Kelley, 2003).

Waktu yang dibutuhkan untuk pencapaian setiap fase tersebut berbeda tergantung kondisi lingkungan tumbuh serta jenis varietas yang ditanam. Fase berkecambah umumnya terjadi pada kisaran 5-10 hari setelah tanam. Proses perkecambahan dan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, kelembaban, kedalaman lubang tanam serta vigor benih.

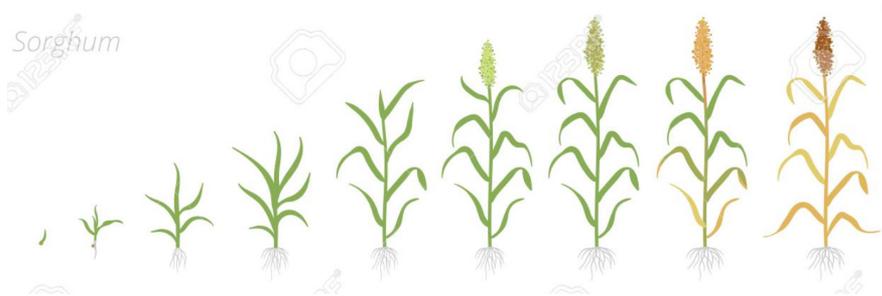
Fase satu (vegetatif) dimulai dari perkecambahan sebagai parameter awal tingkat pertumbuhan tanaman. Pada fase ini tanaman mengalami perkembangan pada daun dan anakan yang berkaitan langsung dengan pembentukan dan pengisian biji pada malai. Lama waktu fase ini bervariasi tergantung suhu udara dan umur panen dari sorgum. Semakin banyak daun yang diproduksi oleh tanaman maka akan semakin panjang umur tanaman tersebut. Pada varietas sorgum yang berumur genjah umumnya menghasilkan sekitar 15 daun per tanaman sedangkan tanaman umur sedang dan dalam menghasilkan daun antara 17-19 daun per tanaman (Kelley, 2003). Pada fase ini tanaman telah mempunyai ketahanan terhadap kekeringan dan hara rendah. Anakan akan tumbuh dari ruas batang sorgum pada fase 4-6 daun.

Fase kedua meliputi permulaan keluarnya malai atau permulaan proses pembungaan tanaman. Pada fase ini 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 pada periode ini. Jika pertumbuhan malai terganggu akan menurunkan jumlah biji yang akan terbentuk (du Plessis, 2008). Pada periode ini penyerapan air oleh tanaman mencapai puncaknya sampai dengan pembentukan biji. Pada wilayah dengan kondisi air cukup disarankan untuk menjaga kecukupan lengas tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Kekurangan air/stress tanaman akan menghambat pembentukan malai dan berpeluang menurunkan produksi biji. Pada fase ini semua daun telah mengembang dengan sempurna dan intersepsi cahaya matahari mencapai titik maksimum. Malai terus berkembang sampai mencapai ukuran maksimum dan dikelilingi oleh ketiak daun bendera. Tangkai malai (*peduncle*) berkembang dengan cepat mengikuti perkembangan malai tanaman.

Fase ketiga meliputi fase reproduksi tanaman dimana pada fase ini pembungaan terus berlanjut sampai tanaman memasuki tahapan masak fisiologis. Pembungaan dimulai saat benang sari yang berwarna kuning muncul sekitar 5-7 hari setelah malai terdorong keluar dari pelepah daun bendera. Fase pembungaan 50% terjadi saat setengah dari bunga telah mekar dan sebagian menjorok ke bawah, umumnya terjadi pada tanaman berumur sekitar 60 hari. Pembungaan ditandai oleh sebagian malai sudah mekar, yaitu pada saat kotak sari (*anther*) keluar dari lemma dan palea (Vanderlip 1993). Pertumbuhan terus berlangsung hingga memasuki proses pembentukan dan pemasakan biji yang ditandai dengan munculnya lapisan hitam yang menunjukkan akumulasi bahan kering pada biji telah optimal dan kemudian terhenti (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). Tahap pematangan biji



Gambar 5. Fase pertumbuhan tanaman sorgum

berlangsung pada saat tanaman berumur sekitar 95-110 hari tergantung jenis varietas. Pada tanaman umur genjah, fase masak fisiologis umumnya terjadi pada 90-95 hst sementara tanaman yang umurnya dalam bisa mencapai 120 hst. Dalam proses menuju masak fisiologis, kadar air biji turun antara 10-15% selama 20-25 hari, yang mengakibatkan biji kehilangan 10% dari bobot keringnya. Biji yang masak 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).

Tanaman sorgum dapat dipanen 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).

E. Ratun Tanaman Sorgum

Ratun adalah serangkaian proses dimana batang sorgum yang telah dipanen pada batangnya di atas permukaan tanah yang diikuti oleh tumbuhnya tunas baru yang kemudian menjadi tanaman kokoh.

Kemampuan ratun merupakan salah satu keunggulan tanaman sorgum. Ratun pada tanaman sorgum umumnya diterapkan petani dengan pertimbangan umur tanaman relatif pendek (lebih cepat 20-30 hari) di panen dibandingkan tanaman utama, tidak membutuhkan benih tambahan untuk pertumbuhan tanaman, kebutuhan air lebih rendah, serta menurunkan biaya produksi. Faktor kelangkaan tenaga kerja juga merupakan salah satu pertimbangan petani melakukan teknik budidaya ratun pada tanaman sorgum.

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.

Budidaya sorgum untuk ratun hendaknya disertai dengan pemenuhan unsur hara yang cukup. Unsur hara khususnya nitrogen dibutuhkan dalam jumlah yang cukup untuk meminimalkan gap hasil biji antara tanaman utama dan tanaman ratun. Selanjutnya tinggi tanaman diusahakan sama dengan tanaman utama, khususnya pada peratunan sorgum untuk kebutuhan pakan ternak. Solamalai et al. (2001) menyatakan bahwa tanaman ratun memerlukan air lebih sedikit dibanding tanaman utamanya. Hasil penelitian ICRISAT menunjukkan pula bahwa dalam kondisi tanah lembab, budidaya 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 berlereng. Ratun yang

tumbuh mampu menjaga perakaran tanaman dalam tanah tetap hidup sehingga efektif mengurangi erosi permukaan tanah.

Secara umum tingkat capaian hasil dari tanaman utama lebih tinggi dibandingkan pertanaman ratunnya. Selain itu, faktor jenis varietas juga memegang peran penting untuk optimalisasi peratunan tanaman sorgum. Variasi penurunan hasil antara tanaman utama dan tanaman ratun bervariasi sampai dengan 60 persen. 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. 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.

Heritabilitas tanaman ratun sorgum umumnya dipengaruhi oleh factor fenotifik. Diantara karakter fenotifik yang berhubungan dengan tingginya nilai heritabilitas ratus sorgum adalah diameter batang, panjang malai, bobot 1000 biji, tinggi tanaman serta jumlah daun. Umur panen tanaman ratun umumnya lebih genjah dibanding tanaman utama. Apabila 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 (118-120 hari) dibanding ratun (91-112 hari). 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 UPCA-S2.

F. Struktur Biji Dan Komposisi Kimia Biji Sorgum

Struktur biji sorgum secara umum terdiri dari kulit biji, endosperma, lembaga dan kulit biji (Gambar 6). Komposisi nutrisi dasarnya disajikan pada Tabel 3. Komposisi tersebut tergantung varietas, pertanamannya, iklim, dan masak fisiologisnya, namun keragamannya tidak terlalu besar.

Pada umumnya biji sorgum berbentuk bulat dengan ukuran biji sekitar 4 x 2,5 x 3,5 mm. Berat biji bervariasi antara 8 mg-50 mg, rata-rata berat 28 mg. Berdasarkan ukurannya sorgum dibagi atas : sorgum biji kecil (8-10 mg), sorgum biji sedang (12-24 mg), dan sorgum biji besar (25-35 mg). Warna biji beragam antara putih, putih kecoklatan, merah dan coklat, merupakan salah satu kriteria menentukan kegunaannya.

Tabel 3. Komposisi nutrisi biji sorgum

Bagian biji	Komposisi nutrisi (%)				
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

Komponen pati (82,5%) terkonsentrasi pada endosperma, sedangkan pada bagian lembaga tertinggi kadar lemak (18,9%) dan komponen mineral (19,36%). Komposisi nutrisi bagian biji sorgum

dapat menjadi petunjuk dalam pemanfaatannya, sehubungan teknologi pengolahan yang akan digunakan.

Secara umum kadar kandungan protein sorgum lebih tinggi dari jagung, beras pecah kulit dan jewawut, tetapi lebih rendah dibanding gandum. Sedangkan kadar lemak sorgum lebih tinggi dibanding beras pecah kulit, gandum, jewawut, dan lebih rendah dibanding jagung (Tabel 4). Kandungan nutrisi sorgum tidak kalah dengan sereal lainya.

Tabel 4. 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: Direktorat Gizi, Dep. Kes. RI (1992)

Secara umum protein sorgum lebih tinggi dibanding jagung, beras, jewawut tetapi masih dibawah gandum. Sorgum mengandung 3,1% lemak, berarti 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%).

Dari hasil penelitian evaluasi komposisi nutrisi proksimat dan tanin beberapa galur/varietas sorgum disajikan pada Tabel 3. Keragaman yang relatif besar terdapat pada kandungan protein, lemak, karbohidrat dan tanin. Kandungan protein berkisar antara 7,38% hingga 9,86%; lemak 1,45%-3,80%; karbohidrat 74,5%-

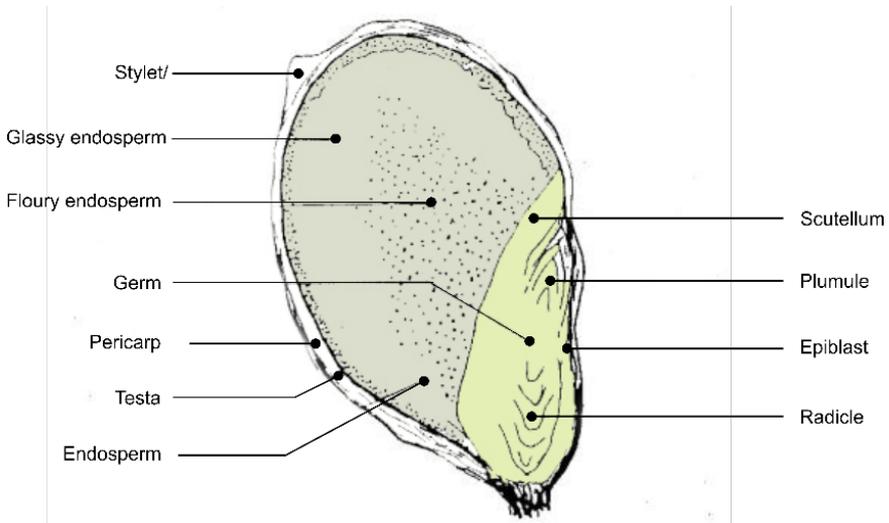
79,20%, dan tanin antara 0,30% hingga 10,60%. Komposisi nutrisi dasar beberapa galur/varietas sorgum disajikan hasil penelitian (Tabel 5).

Tabel 5. Komposisi nutrisi, tanin (%) beberapa galur/varietas sorgum

Varietas	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)

Data di atas menunjukkan bahwa selain karbohidrat yang tinggi, biji sorgum juga mengandung nutrisi lain yang cukup memadai sebagai bahan pangan. Varietas lokal dari Sulawesi Selatan



Gambar 6. Struktur biji sorgum (Hubbard et al., 1968)

termasuk Batara Tojeng Eja, Batara Tojeng Bae, Lokal Jeneponto, dan Manggarai/Selayar. Mandau, UPCA-S1, Kawali, dan Numbu khusus untuk pangan adalah varietas unggul yang telah dilepas Badan Litbang Pertanian.

Kadar tanin tertinggi pada varietas lokal Batara Tojeng Eja, diikuti Batara Tojeng Bae dan lokal Jeneponto. Varietas Kawali dan Numbu memiliki kandungan tanin rendah, sehingga memudahkan dalam pemanfaatan untuk olahan pangan. Namun dengan adanya alat penyosoh khusus untuk sorgum maka kandungan tannin dapat dikurangi dengan melakukan penyosohan 2-3 kali. Varietas dengan kulit biji yang berwarna coklat atau gelap cenderung memiliki kandungan tanin lebih tinggi dibandingkan dengan yang kulit bijinya putih atau terang.

G. Komponen Pangan Fungsional

Pemanfaatan sorgum sebagai sumber pangan fungsional belum banyak dilakukan, selama ini penggunaan masih terbatas

pada peranannya dalam diversifikasi pangan dan komponen ransum pakan ternak sebagai sumber karbohidrat (Suarni, 2004c). Namun sejak tahun 2017 saat dimana sorgum mulai diikuti dalam setiap pameran baik sebagai pangan maupun pangan fungsional siap saji maka para konsumen atau pegiat pangan dan pangan fungsional mulai mengenalkan berbagai macam panganan berbahan dasar sorgum. Hal tersebut dapat dilihat dari informasi social media. Permintaan benih sorgum juga dari tahun ke tahun semakin meningkat. Sorgum mengandung serat pangan dalam jumlah tinggi yang dibutuhkan tubuh (dietary fiber) yang 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 dalam mengikat asam empedu sehingga mampu menurunkan kadar kolesterol darah. Pengembangan pangan fungsional berbasis polisakarida dari sorgum untuk anti kolesterol mempunyai prospek yang baik. Penelitian ini, dilakukan untuk menggali potensi tepung sorgum sebagai sumber serat pangan terlarut dan tidak terlarut dan pengaruhnya terhadap kolesterol dilakukan oleh Susilowati et al., 2010.

Kandungan protein sorgum tidak berbeda jauh dengan jagung dan sebanding dengan mutu protein terigu. Mutu protein suatu bahan ditunjukkan oleh komposisi asam aminonya. Kadar asam glutamat tepung sorgum (1,39-1,58%) lebih rendah di bandingkan dengan terigu (3,83%). Meskipun asam glutamat bukan termasuk asam amino esensial, namun sangat berpengaruh terhadap sifat sensori produk olahan, terutama dari segi rasanya. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji organoleptik dari 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%), akan tetapi lisin tepung sorgum hanya 0,16% lebih rendah dibanding terigu 0,38%.

Sorgum mengandung mineral Fe yang tinggi dan serat pangan yang dibutuhkan tubuh, yang tidak dimiliki tepung gandum. Unsur mineral Fe sangat membantu dalam pembentukan sel darah merah. Selain itu sorgum kaya akan mineral Ca, P dan Mg. Fungsi Ca dalam pembentukan tulang, P dalam pemeliharaan pertumbuhan, kesehatan tulang normal, dan Mg dalam mempertahankan denyut jantung normal dan kekuatan tulang.

Senyawaan yang lebih menonjol dari sorgum dibanding jagung adalah komponen polyphenol. Sorgum kandungan taninnya (golongan polyphenol) yang tinggi, menjadikannya nilai negatif sebagai bahan pangan maupun pakan. Tanin dalam tepung sorgum yang umumnya lebih dikenal dengan sifat negatifnya dibanding nilai 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.

Kekurangan mutu bahan pangan asal sorgum karena mengandung tanin dan asam fitat. Senyawaan tersebut merupakan antinutrisi yang memberikan efek yang merugikan dalam sistem pencernaan manusia (Elefatio et al, 2005). Tanin merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin ini dapat mengikat protein alkaloid dan gelatin. Golongan fenol dicirikan oleh adanya cincin aromatik dengan satu atau dua gugus hidroksil. Kelompok fenol terdiri dari 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, disebabkan sifat tanin 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

materi yang diminati oleh para peneliti (Harbone, 1996). Tanin pada sorgum biasanya berikatan dengan karbohidrat, membentuk jembatan oksigen, sehingga dapat dihidrolisis dengan menggunakan 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 bisa disebut ellagitanins.

Ellagitanin sederhana disebut juga 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 energi melainkan untuk menunjang kelangsungan hidupnya seperti untuk pertahanan dari hama-penyakit. Beberapa senyawa seperti alkaloid, triterpen dan golongan phenol merupakan senyawa-senyawa yang dihasilkan dari metabolisme sekunder.

Asam fitat merupakan bentuk penyimpanan fosfor yang terbesar pada tanaman serealia termasuk sorgum. Senyawa tersebut dapat mengikat mineral dalam bentuk ion sehingga ketersediaan mineral menjadi terganggu dan memberi pengaruh negatif terhadap defisiensi mineral terutama zat besi. Pada biji sorgum, asam fitat terdapat dalam sel aleuron dengan kisaran konsentrasi 0,3-1,0% (Hurell dan Reddy, 2003). Menurut Noer (1992), asam fitat akan mengalami penurunan 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 untuk 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, yaitu turunan poliphenol yang memiliki fungsi pemeliharaan terhadap 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.

BAB IV

SYARAT TUMBUH TANAMAN SORGUM

BUDIDAYA tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) mudah dilakukan dengan memperhatikan kesesuaian baik kondisi lahan, iklim serta aspek lingkungan lainnya. Tanaman sorgum mempunyai kemampuan adaptasi yang luas dan dapat berproduksi walaupun diusahakan di lahan yang kurang subur, air yang terbatas dan masukan (input) yang rendah.

Kesesuaian Lahan

Evaluasi kesesuaian lahan diperlukan sebelum budidaya dilakukan khususnya pada kawasan yang luas. Evaluasi kesesuaian lahan ini akan memberikan gambaran kapasitas dari wilayah/lahan untuk memberikan hasil optimal tanpa banyak gangguan lingkungan. Berbagai macam metode evaluasi kesesuaian lahan telah dikembangkan termasuk evaluasi secara manual/tradisional dan evaluasi menggunakan pendekatan sistem informasi geografis (GIS) yang memberikan informasi secara spasial dalam sebuah peta tematik.

Penyusunan informasi kesesuaian lahan menggunakan berbagai aspek diantaranya sifat fisik dan kimia tanah, kemiringan lahan, tingkat erosi, serta suhu rata-rata selama proses pertumbuhan tanaman. Hasil klasifikasi kesesuaian lahan untuk budidaya tanaman sorgum disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Klas kesesuaian lahan untuk budidaya tanaman sorgum

Karakteristik lahan	Klas kesesuaian			
	Sangat sesuai/ S1	Agak sesuai/ S2	Kurang sesuai/ S3	Tidak sesuai/ N1
Suhu rata-rata (°C)	24-30	20-24	15-20 24-35	<15, dan >35
Kedalaman akar (cm)	>80	80-50	>50-30	<30
Klas tekstur tanah	Liat, debu, liat berdebu	Liat berpasir	Pasir berdebu	Pasir
AWHC (mm/m)	>150	110-150	110-75	<75
pH tanah	>6-8	>5,5-8	5-5,5	<5, > 8,5
Persen bahan organik	>1,5	>1-1,5	1-0,5	>0,5
CEC (me/100 gr tanah)	>16	>8-16	5-8	<5
Salinitas tanah (EC)	0-6,8	>6,8-8,4	>8,4-10	>10
Kemasaman tanah (%ESP)	0-10	10-20	20-30	>30
% CaCO ₃ di perakaran	0-15	15-20	20-35	>20
% batuan tanah	0-3	3-9	9-20	<17
Klas drainase tanah (mm/jam)	>125	125-42	42-17	<6
Laju infiltrasi (mm/jam)	>12	>8	>6	>8
% kemiringan lahan	0-2	>2-4	>4-8	
Tingkat erosi tanah	Tidak ada	Rendah	Sedang	Tinggi

Tanah

Sorgum dapat dibudidayakan pada lahan optimal (sawah irigasi, lahan subur) maupun lahan sub optimal (lahan masam, kering) dengan sedikit tambahan input budidaya. Tanaman sorgum mempunyai sistem perakaran yang menyebar dan lebih toleran dibanding tanaman jagung yang ditanam pada tanah berlapis keras dangkal. Untuk mendapatkan hasil optimal, kedalaman perakaran yang direkomendasikan adalah > 80 cm. Jenis tekstur tanah yang dikehendaki untuk pertumbuhan optimal adalah tekstur liat geluhan, liat berpasir serta tanah lempung. Tingkat kemasaman dan salinitas tanah yang dikehendaki adalah >6-8 dan 6,8, atau tanah dengan tingkat kemasaman dan salinitas normal. Kemampuan memegang air tanah yang optimal untuk pertumbuhan tanaman sorgum adalah >150 mm/meter. Sorgum yang lebih tahan kekurangan air dibandingkan jagung, mempunyai peluang dapat dikembangkan ke daerah yang diberakan pada musim kemarau. Tanah Vertisol (Grumosol), Aluvial, Andosol, Regosol, dan Mediteran umumnya sesuai untuk sorgum. Sorgum memungkinkan ditanam pada daerah dengan tingkat kesuburan rendah sampai tinggi, asalkan solum agak dalam (lebih dari 15 cm).

Agroklimat Wilayah

Budidaya tanaman sorgum dapat berlangsung secara optimal pada wilayah dengan kondisi iklim normal dengan ketinggian antara 1 hingga 500 m di atas permukaan laut dan kisaran suhu rata-rata 24-30 °C. Daerah dengan kondisi iklim dingin/suhu rendah di bawah 15°C kurang sesuai untuk pertumbuhan 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.

Tanaman sorgum musim kemarau memerlukan pengairan empat sampai enam kali, tergantung jenis tanah dan residu air tanah. Aqil at al. (2001) melaporkan bahwa periode pertumbuhan

tanaman dibagi atas 5 fase yaitu fase pertumbuhan awal (selama 15-25 hari), fase vegetatif (25-40 hari), fase pembungaan (15-20 hari), fase pengisian biji (35-45 hari) dan fase pematangan (10-25 hari). Sorgum setelah ditanam sebaiknya diberikan air sesuai kebutuhannya pada fase-fasenya, yaitu pada saat lengas tanah diantara titik layu permanen dan kapasitas lapang, sehingga hasil optimal.

Hasil pengujian di Kabupaten Maros, Sulsel menunjukkan kombinasi frekuensi pemberian air dengan varietas berpengaruh nyata terhadap hasil biji. Varietas Numbu yang diberi air irigasi sebanyak enam kali akan menghasilkan hasil biji sebesar 3,77 t/ha, lebih tinggi dibandingkan pemberian air irigasi sebanyak empat kali dengan tingkat hasil < 2 t/ha.

Budidaya sorgum di Likotuden, Flores NTT dilakukan pada lahan kering berbatu dengan curah hujan pendek/eratik. Rekayasa waktu tanam dan penggunaan varietas umur genjah memungkinkan tanaman berproduksi optimal dengan tingkat hasil yang cukup tinggi. Di daerah Pati (Jawa Tengah), tanaman sorgum diusahakan hanya dengan memanfaatkan residu air tanaman padi, tanpa ada penambahan pemberian air. Di Bojonegoro dan Lamongan (Jawa Timur) tanaman sorgum dibudidayakan dengan hanya memanfaatkan residu air rawa yang telah mengering. Untuk memperoleh tingkat hasil 5 t/ha dengan menggunakan varietas unggul yang respons terhadap pemupukan, sorgum perlu pengairan sebanyak empat kali.

Selain irigasi, aspek pengelolaan drainase juga diperlukan untuk mendukung budidaya sorgum hasil tinggi. Tanah dengan klas drainase tinggi, > 125 mm/jam dengan laju infiltrasi >12 mm/jam sangat sesuai untuk budidaya sorgum. Kondisi lahan dengan tingkat kemiringan tanah <2% yang memungkinkan untuk membuang sisa air pada musim hujan.

BAB V

KETERSEDIAAN TEKNOLOGI

ASPEK budidaya 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 yang maksimal.

A. Varietas Unggul untuk Pangan dan Bioenergi

Varietas sorgum sangat beragam, baik dari segi daya hasil, umur panen, warna biji, rasa dan kualitas olah bijinya. Umur panen beragam, yaitu umur genjah (kurang dari 80 hari), umur sedang (80 – 100 hari), dan umur dalam (lebih 100 hari). Tinggi batang juga sangat tergantung varietasnya, dari pendek (< 100 cm), sedang (100 – 150 cm) dan tinggi (>150 cm). Varietas lokal biasanya tumbuh hingga tingginya mencapai 300 cm.

Perakitan varietas sorgum untuk pangan telah dirintis pada era 1980an yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan

Tanaman Pangan dengan melibatkan beberapa Balai Penelitian Tanaman Pangan di Malang, Maros, Sukamandi serta Bogor. Pemuliaan sorgum saat itu 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 tanin 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.

Pada era tahun 2000an 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. 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.

Tabel 7. Deskripsi varietas unggul sorgum yang dapat ditanam.

Nama varietas	Tahun dilepas	Hasil biji (t/ha)	Umur (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Warna biji
Sangkur	1991	3,6 - 4,0	82 – 96	150-180	coklat muda
Mandau	1991	4,5 - 5,0	91	153	coklat muda
Numbu	2001	4,0 - 5,0	100 – 105	187	krem
Kawali	2001	4,0 - 5,0	100 – 110	135	krem
Super 1	2013	5,75	105-110	216,5	Putih
Super 2	2013	6,33	115-120	229,7	Krem kemerahan
Suri 3	2014	6,0	95	230,4	Coklat kemerahan
Suri 4	2014	5,7	95	239,4	Coklat kemerahan
Soper 6	2014	5,7	95	239,4	Krem
Soper 7	2019	5,0	100	239,4	Krem kemerahan
Soper 9	2019	5,0	100	239,4	Krem kemerahan

Sumber: Balitsereal, 2019.

Terjadinya krisis energi karena semakin berkurangnya cadangan bahan bakar minyak merupakan peluang bagi pemanfaatan bioenergi. Oleh sebab itu, perakitan varietas mulai diarahkan untuk produksi bioethanol dari batang sorgum manis. 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, jaise, dan biji. Sejumlah galur unggul introduksi maupun lokal Indonesia disilangkan untuk menghasilkan varietas unggul sorgum manis untuk 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, dimana 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 mengandung FC lebih tinggi dibanding jagung sehingga sebagai tanaman biofuel akan lebih menguntungkan apabila dikembangkan pada daerah kering (Reddy et al. 2007). Batang sorgum menghasilkan biomassa yang tinggi yang dapat diubah menjadi energi kalor. Menurut Syahrul Ilmi (2015), nilai kalor yang diperoleh dari biomassa sorgum manis dengan penambahan kulit mangium sebagai fortifikasi berkisar antara 3782-4730 kkal/kg. Oleh karena itu bagasse sorgum manis hasil perasan nira dapat juga dibuat biopellet untuk bahan bakar kompor.

Balai Penelitian Tanaman Serealia pada tahun 2013 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).

Varietas sorgum yang akan ditanam hendaknya disesuaikan dengan tujuan penggunaan serta pola tanamnya. Apabila hasil biji sorgum untuk konsumsi, perlu dipilih varietas yang mempunyai rasa enak. Varietas lokal pada umumnya memiliki rasa yang enak dan dapat dijadikan berbagai makanan olahan. Demikian pula jika sorgum akan ditanam dalam pola tanam secara tumpangsari, varietas lokal lebih sesuai. Apabila tujuan penanaman sorgum untuk pakan ternak dan ditanam secara monokultur, varietas unggul nasional dapat dipilih untuk ditanam. Di daerah yang ketersediaan airnya terbatas varietas yang berumur genjah lebih menguntungkan. Apabila menghendaki hasil yang tinggi dengan pemberian pupuk yang cukup, varietas unggul perlu digunakan. Sedangkan jika tujuannya untuk menghasilkan bahan baku etanol, varietas yang mempunyai rasa batang manis lebih dianjurkan.

B. Kualitas Benih

Kualitas benih merupakan salah satu syarat utama kesuksesan budidaya dan pencapaian tingkat hasil optimal tanaman sorgum. Semakin baik kualitas benih yang ditanam, semakin tinggi peluang mendapatkan hasil yang tinggi. Benih berkualitas dicirikan oleh vigor yang bagus, pertumbuhan seragam serta mampu menghasilkan produksi optimal (Delouche, 1969). Thomson (1979) menyatakan bahwa faktor fisik benih, kemurnian genetik, tingkat perkembangan tinggi, ukuran biji seragam, bebas dari kontaminasi hama/penyakit serta kadar air benih yang rendah.

Diantara faktor tersebut, vigor dan daya tumbuh kecambah merupakan faktor utama yang menentukan kesuksesan budidaya

tanaman. Benih yang rusak (deteriorate) cenderung menunjukkan adanya penurunan vigor yang signifikan. Vigor benih adalah kemampuan benih untuk berkecambah secara normal meskipun berada pada keadaan lingkungan yang beragam, baik yang mendukung maupun lingkungan yang kurang memadai. Secara umum, puncak vigor benih terjadi bersamaan dengan fase pencapaian berat kering benih yang maksimum yang diperoleh pada fase masak fisiologis tanaman. Selanjutnya vigor benih akan mulai menurun yang ditandai dengan mulai timbulnya kebocoran membrane, respirasi benih yang melambat serta penurunan aktivitas enzimatis dalam biji/benih. Selain faktor teknis benih, penurunan kualitas benih juga dipengaruhi oleh faktor kondisi tempat penyimpanan. Singh (1987) menyatakan bahwa benih sorgum masih mempunyai daya kecambah yang tinggi (>95%) sampai dengan 21 bulan saat disimpan dalam tempat penyimpanan yang baik/suhu terkendali. Kondisi tempat penyimpanan yang kurang baik akan menurunkan daya kecambah dan vigor benih sampai di bawah 70%.

Kebutuhan benih sorgum untuk satu hektar sangat bervariasi, yaitu berkisar antara 10 – 15 kg, tergantung dari varietas yang akan ditanam, ukuran benih, jarak tanam, dan sistem tanam yang diterapkan. Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik diperlukan vigor kecambah benih yang baik, yaitu $\geq 90\%$. Pada beberapa varietas menunjukkan adanya masa dormansi benih satu bulan pertama setelah panen. Benih sorgum dapat dipertahankan kemampuan tumbuhnya selama periode tertentu, asalkan disimpan dengan baik dalam kemasan yang dapat mempertahankan kadar airnya +10% dan disimpan pada ruangan yang bersuhu dingin 10-16°C.

Waktu tanam

Sorgum dapat ditanam setiap saat, baik pada musim hujan maupun kemarau asalkan tanaman muda tidak tergenang atau

kekeringan. Sebagai tanaman tumpang sari di lahan kering, sorgum dapat ditanam pada awal musim hujan atau pada akhir musim hujan sebagai pertanaman monokultur setelah panen palawija. Jika ditanam pada musim kemarau, sorgum dapat ditanam setelah panen padi kedua atau setelah pertanaman palawija di sawah. Pertanaman musim kemarau umumnya hasil yang diperoleh rendah dibandingkan pertanaman musim hujan. Hal ini salah satunya disebabkan oleh hama burung, selain proses pengisian biji kurang sempurna karena ketersediaan air terbatas. Hama burung dapat juga dikurangi jika ditanam bersamaan dengan padi.

C. Penyiapan lahan

Lahan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman sebelumnya atau gulma tanaman perdu yang sekiranya dapat mengganggu pengolahan tanah. Pengolahan tanah dimaksudkan untuk menggemburkan dan meratakan kesuburan tanah, meningkatkan aerasi dan mengendalikan pertumbuhan 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 hanya mengandalkan residu air tanah, pengolahan hanya dilakukan secara ringan dengan mencangkul tipis permukaan tanah untuk mematikan gulma atau TOT (tanpa olah tanah), biasanya menggunakan herbisida sistemik. Pengolahan tanah secara ringan atau TOT sangat efektif untuk menghambat penguapan air tanah sampai tanaman panen. Selain itu mengurangi tenaga kerja.

D. Penanaman

Pada areal yang telah disiapkan sebelumnya dibuatkan lubang tanam dengan jarak tanam disesuaikan dengan varietas yang

digunakan (60 cm – 70 cm) x (10 cm - 20 cm), ketersediaan air, dan tingkat kesuburan lahan. Pada lahan yang kurang subur dan kandungan air tanah rendah sebaiknya di gunakan jarak tanam lebih lebar atau populasi tanam dikurangi dari populasi baku. Untuk mengurangi penguapan air tanah, jarak tanam antar baris dapat dipersempit tetapi jarak dalam baris diperlebar. Penanaman dapat dilakukan dengan cara ditugal seperti halnya menanam jagung. Pembuatan lubang tanam dilakukan dengan alat tugal kayu dengan mengikuti arah ajir yang telah dipasang sesuai jarak tanam yang akan digunakan. Kedalaman lubang tanam sebaiknya tidak lebih



Gambar 7.
Varietas
unggul baru
sorgum (Soper
7 dan Soper 9)

dari 5 cm. Setiap lubang tanam diisi sekitar 3-4 benih, kemudian ditutup dengan tanah ringan atau pupuk organik. Penutupan lubang tanam dengan bongkahan tanah atau secara padat dan berat menyebabkan benih sulit berkecambah dan menembus permukaan tanah. Penutupan lubang tanam dengan pupuk organik atau abu atau tanah ringan akan memudahkan benih tumbuh, dan sekitar 5 hari setelah tanam biasanya benih sudah tumbuh. Pada umur 2-3 minggu setelah tanam dapat dilakukan penjarangan tanaman dengan meninggalkan 2 tanaman/rumpun.

E. Pemupukan

Manajemen pengelolaan lahan merupakan syarat mutlak yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat hasil yang optimal. Diantara input produksi yang ada, pupuk merupakan salah satu yang terpenting dalam hubungannya dengan pencapaian target hasil. Nitrogen merupakan salah satu unsur makro yang paling dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman sorgum.

Hasil penelitian Uchino et al (2013) menyatakan bahwa tanaman sorgum yang ditanam di tanah Alfisol pada musim hujan memberikan hasil yang rendah. Penambahan dosis N pada takaran 90-120 kg N per ha akan memacu pertumbuhan tanaman dan klorofil daun yang berdampak pada peningkatan hasil biji. Studi lain menunjukkan pemberian pupuk urea dengan takaran 180 kg per ha atau 82 kg N per ha serta P 50 kg per ha meningkatkan biomas dan hasil biji. Sawargaokar et al (2013) menyatakan dosis rekomendasi N untuk tanaman sorgum adalah 90 kg N per ha, dan penambahan dosis N tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat hasil. Amall et al (2017) dalam pengujian di USA mendapatkan bahwa aplikasi pupuk secara terpisah akan memberikan tingkat hasil yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi satu kali. Pemberian pupuk juga dapat ditingkatkan sampai tiga kali aplikasi yaitu pada saat tanam, saat tahapan daun tanaman 4 helai, serta saat menjelang keluarnya malai (Almodares et al, 2010).

Di Indonesia, pengujian pupuk N di tanah Aluvial Bojonegoro menunjukkan bahwa takaran pupuk N optimum untuk sorgum sebesar 90 kg N/ha. Pada daerah-daerah kering umumnya penggunaan pupuk N tidak lebih dari 100 kg N/ha, sedangkan untuk lahan-lahan yang cukup air pemberian N dapat sampai 135 kg N/ha. Suwardi dan Aqil (2018) pada pengujian di KP Bontobili Gowa melaporkan sorgum varietas Super 2 dan varietas Numbu yang dipupuk sebanyak dua klai yaitu pada 10 hst dan 30 hst dengan dosis 200 kg urea per ha, 100 kg P per ha serta 100 kg KCl per ha mendapatkan tingkat hasil mencapai 3,80 t/ha. Pengurangan jumlah dosis pupuk akan menurunkan tingkat hasil. Mengonsumsi sorgum (pangan dan pangan fungsional), identik dengan makanan kesehatan. Oleh karena itu sebaiknya diupayakan untuk menggunakan pupuk organik, karena bukan hanya hasil tinggi yang diinginkan tetapi kualitas dari biji atau nira juga diperlukan sebagai makanan kesehatan. Misalnya penderita autisme dianjurkan untuk mengonsumsi makanan bebas gluten dan organik. Sorgum adalah salah satu sumber pangan bebas gluten.

Selain waktu pemberian pupuk yang harus diperhatikan, syarat utama yang harus dipenuhi pula agar pupuk dapat terserap secara efisien adalah cara pemberian yang tepat. Pupuk dapat diberikan dalam lubang di samping tanaman yang dibuat dengan tugal. Pupuk harus tertutup rapat, tidak berhubungan langsung dengan udara, sehingga kehilangan N dalam bentuk gas NH_3 dan hilang terbawa air dapat ditekan.

Untuk mengetahui penanan pupuk P terhadap tanaman sorgum, dari beberap pengujian diperoleh informasi bahwa pupuk P dapat meningkatkan hasil biji sorgum di tanah Aluvial Bojonegorodan tanah Mediteran Madura. Di Bojonegoro pemberian pupuk P sampai takaran 50 kg P_{205} /ha, dapat meningkatkan hasil sebesar 20%. Sedangkan di tanah Mediteran Madura, pemberian pupuk P sebanyak 60 kg P_{205} /ha dapat meningkatkan hasil sekitar 56% di lahan tadah hujan dan 67% di lahan tegalan.

Almodares et al. (2006) menyatakan bahwa peningkatan dosis pupuk K yang berupa kalium sulfat akan meningkatkan jumlah biji per malai, bobot 100 biji, serta panjang malai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kalium sulfat sebanyak 50 kg ha⁻¹ yang merupakan dosis tertinggi memberikan hasil terbaik yaitu: jumlah biji per malai (1136,5 biji), bobot 100 biji (1,99) dan panjang malai (21,9 cm).

Khusus untuk NTT dengan periode curah hujan yang singkat sekitar 2 bulan, mereka menolak menggunakan pupuk anorganik karena bukannya membuat tanaman lebih subur tetapi malah mongering. Misalnya urea yang sifatnya hidroskopis dalam kondisi kekeringan jika tanaman dipupuk akan menyedot air dari tanaman hingga kering. Dari pengalaman pendampingan budidaya sorgum di NTT, petani sangat menolak menggunakan pupuk anorganik, mereka lebih memilih menggunakan kompos atau pupuk kandang atau lebih memilih menutup sisa-sisa tanaman sebelumnya di antara barisan pertanaman sorgum. Nampak pertumbuhan dan hasil biji sangat baik.

F. Pemeliharaan

Selama pemeliharaan, kegiatan yang perlu dilakukan untuk pertanaman sorgum agar dapat tumbuh dan menghasilkan, antara lain:

Pemberian air, adalah menambah air jika tanaman kekurangan air, dan jika air cukup maka penambahan air tidak perlu dilakukan. Sebaliknya, jika kelebihan air justru harus segera dibuang dengan cara membuat saluran drainase. Sorgum termasuk tanaman yang tidak memerlukan air dalam jumlah yang banyak, tanaman ini tahan terhadap kekeringan, namun pada periode tertentu tanaman memerlukan air yang cukup yaitu pada saat tanaman berdaun empat (pertumbuhan awal) dan saat periode pengisian biji sampai biji mulai mengeras.

Penyiangan gulma, kompetisi tanaman sorgum dengan gulma dapat menurunkan hasil dan kualitas biji karena tercampur biji rumput, terutama pertanaman awal musim hujan. Bahkan keberadaan gulma pada saat pertumbuhan awal tanaman sorgum dapat menurunkan hasil secara nyata. Pada saat awal pertumbuhan, tanaman sorgum lambat pertumbuhannya sedangkan gulma lebih cepat berkompetisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil biji turun sebesar 10% jika penyiangan gulma tidak dilakukan sampai tanaman sorgum berdaun 3 helai dan kompetisi gulma yang berat akan dapat menurunkan hasil lebih 20% jika tidak dilakukan penyiangan gulma selama 2 minggu pertama pertumbuhan. Untuk pertanaman musim kemarau kemungkinan pengaruh kompetisi gulma terhadap hasil kecil, namun terjadi penurunan efisiensi dan hasil biji yang diperoleh. Oleh karena itu untuk mengendalikan pertumbuhan gulma yang cepat pada saat pertumbuhan awal sorgum, biasa digunakan herbisida 2,4-D atau herbisida pra tumbuh. Namun pada umumnya penyiangan gulma dilaksanakan bersamaan dengan saat penjarangan atau tergantung keadaan pertumbuhan gulma di sekitar pertanaman sorgum. Penyiangan dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan sabit atau cangkul. Penyiangan biasanya dilakukan dua kali selama pertumbuhan tanaman, dan untuk penyiangan yang ke dua saatnya tergantung keadaan gulma di lapangan.

Pembumbunan, dilakukan bersamaan dengan pemupukan ke 2 (3-4 minggu setelah tanam) atau sebelumnya. Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah di sekitar batang tanaman, kemudian menimbunkan tanah pada pangkal batang dengan tujuan untuk merangsang tumbuhnya akar dari ruas-ruas batang dan memperkokoh kedudukan tanaman agar tanaman tidak mudah rebah.

G. 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.

H. Hama dan Penyakit Tanaman Sorgum

Hama Utama Sorgum

Sebagaimana komoditas pertanian lainnya, budidaya sorgum juga memiliki resiko kegagalan panen akibat serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Diantara hama utama pada budidaya dan pascapanen sorgum adalah lalat bibit *Atherigona soccata*, ulat tanah, burung emprit, dan hama kumbang bubuk *Sitophilus zeamais*.

Hama lalat bibit menyerang berbagai jenis tanaman diantaranya jagung, sorgum dan jiwawut. Lalat bibit ini menyerang tanaman di bagian pangkal batang tanaman dengan menggerek dan menyerang

tanaman sorgum muda (berumur 3 minggu setelah tanam) sehingga menyebabkan berlubang kecil tidak teratur dan akhirnya tanaman menjadi layu dan mati. Kerusakan umumnya terjadi pada tanaman sorgum muda, bahkan dapat menyebabkan tanaman muda mati akibat gerkakan dari



Gambar 8. Hama lalat bibit pada tanaman sorgum

larva (Tenrirawe, 2014). Pengendalian lalat bibit dapat dilakukan dengan melakukan pertanaman serempak dan menaburkan insektisida 10 kg Furadan 3 G per hektar pada saat tanam. Beberapa insektisida yang dilaporkan juga cukup efektif seperti Carbofuran, Fensulfothion, Isofenphos (Reddy, Seshu, 1981). Pengendalian secara biologi melalui penggunaan sejumlah musuh alami dapat dilakukan menggunakan parasit telur *Trichogramma kalkae* walaupun penggunaan secara massal masih menghadapi sejumlah kendala.

Ulat tanah *Agrotis* spp merupakan hama utama yang sering menyerang tanaman sorgum di Indonesia. Selain menyerang tanaman sorgum, *Agrotis* spp. juga menyerang tanaman jagung, padi, tebu, tembakau, kapas, rosella, kacang tanah, kubis, dan kentang, serta rumput-rumputan lainnya (Baco et al, 1979). Petani menyebutnya ulat tanah. Ada tiga spesies yang sering merusak tanaman di Indonesia yaitu *A. interjectionis* Gn., *A. ipsilon* Hwfn dan *A. segeten*. Hama tersebut merusak tanaman yang masih muda atau biji yang baru berkecambah di dalam tanah. Ulat ini biasanya menyerang tanaman pada malam hari dengan sasaran tanaman sorgum stadium muda. Serangannya menyebabkan pangkal batang



Gambar 9. Hama burung pada tanaman sorgum

tanaman terpotong tepat di atas permukaan tanah sehingga bekas serangannya tampak terkulai.

Hama burung merupakan salah satu jenis hama yang menyebabkan kegagalan panen tertinggi pada tanaman sorgum. Hama ini dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai seratus persen, khususnya saat panen tidak ada tanaman padi atau jagung di sekitarnya. Burung memakan biji sorgum terutama yang berwarna putih serta kandungan tanin yang relative rendah. Serangan hama burung sulit dikendalikan. Hama burung terbang berkoloni dengan jumlah sampai ratusan ekor. Seekor burung dengan berat badan 40 s/d 50 gram per ekor mampu mengkonsumsi 10 gram perhari. Pengendalian hama burung dilakukan dengan menggunakan sungkup kertas atau sungkup plastik berlubang banyak untuk aerasi, pada malai muda hingga panen, pemasangan jaring/paranet pada waktu tanaman terbentuk malai muda hingga panen, namun biaya cukup tinggi.

Proses penyimpanan yang baik merupakan faktor penting dalam menjaga mutu bahan yang disimpan. Selama proses penyimpanan, biji sorgum akan mengalami perubahan kualitas dan kuantitas yang dipengaruhi oleh fasilitas penyimpanan serta hama gudang. Kumbang bubuk merupakan hama penting yang menyerang biji-bijian selama proses penyimpanan. Serangan hama

ini menyebabkan biji berlubang, cepat pecah serta hancur menjadi tepung sehingga kualitas biji menjadi menurun.

Berbagai macam metode pengendalian hama kumbang bubuk telah dikembangkan, baik secara kimiawi maupun menggunakan bahan nabati. Fumigasi merupakan salah satu metode pengendalian khususnya pada gudang yang berukuran besar. 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 yang kedap udara seperti penyimpanan dalam silo, dengan menggunakan kaleng yang dibuat kedap udara atau pengemasan dengan menggunakan jerigen plastik, botol yang diisi sampai penuh kemudian mulut botol atau jerigen dilapisi dengan parafin untuk penyimpanan skala kecil. Jenis fumigan yang paling banyak digunakan adalah phospine (PH₃), dan Methyl Bromida (CH₃Br). Penggunaan bahan nabati dan pengasapan juga akan menurunkan preferensi serangga terhadap sumber makanan (Bedjo 1993, Erliana 1991). Salah satu tanaman yang bersifat insektisida nabati adalah lada hitam (*Piper nigrum*) yang mengandung senyawa aktif antara lain saponin, flavonoida, minyak atsiri, kavisin, piperin, piperline, piperolaine, piperanine, piperonal. Senyawa piperine yang dikandung lada hitam bersifat repellent pada hama kumbang bubuk, karena mengeluarkan aroma dan rasa pedas sehingga dapat mempengaruhi dalam menghasilkan telur dan juga menimbulkan kematian.

Penyakit Utama Sorgum

Penyakit utama yang umumnya menyerang tanaman sorgum adalah penyakit Antraknosa yang disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum sp.* Penyakit ini merupakan salah satu penyakit utama pada sorgum. Penyakit ini pertama kali ditemukan di Italia pada tahun 1852 pada pertanaman jagung, sedang di Amerika Serikat

pada tahun 1855 (Frederiksen 1986). Penyakit ini berkembang baik pada tempat-tempat yang mempunyai kondisi panas dan lembab. Cendawan ini memiliki beberapa inang alternatif selain sorgum yaitu pada jagung, gandum, tebu, dan sekelompok jenis rumput-rumputan tertentu. Antraknosa paling banyak menyerang sorgum, jagung dan gandum hitam, meskipun penyakit ini juga ditemukan pada 100 jenis rumput. Kehilangan hasil bisa mencapai 50% tetapi hal ini tergantung kapan tanaman terinfeksi.

Gejala penyakit ini pada awal infeksi terjadi bintik-bintik kecil dan mengalami pelukaan sampai 5 mm, bintik-bintik kecil ini kemudian membesar dan menyatu sehingga daun menjadi layu. Pengembangan infeksi pertama di bawah daun lalu menyebar ke bagian atas daun dan batang, gejalanya berbentuk bulat panjang berwarna ungu sampai berwarna ke merah-merahan atau kekuningan. Casela et al. (2001) menyatakan bahwa dalam minggu ke 6, hifa ditemukan menyelubungi permukaan akar dan menyerang epidermis, korteks, dan jaringan pembuluh. Setelah 6 minggu terjadi Infeksi cendawan *Collectotricum* dapat menyebabkan terjadi pengkerdilan tanaman (Wharton dan Uribeondo 2004).

Hasil penelitian Soenartiningih dan Fatmawati (2015), menunjukkan adanya sejumlah varietas yang bersifat agak tahan terhadap penyakit antraknosa yaitu Numbu dan Sorgum hitam. Sedangkan yang bersifat tahan diantaranya adalah sorgum Selayar hitam dan varietas Kawali. Varietas Super 2 walaupun potensi hasil cukup tinggi namun rentan terhadap penyakit antraknosa.

Penyakit bercak daun *Exserochilum turcicum* pada sorgum mempunyai gejala berupa bintik kuning kecoklatan kecil kemudian membesar berbentuk elips atau melingkar berukuran 3 – 5 mm kemudian daun yang terinfeksi mengalami nekrosis. Infeksi pertama pada umumnya terjadi pada daun bagian bawah kemudian menjalar ke atas, bercak daun selain menyerang pada daun juga dapat menyerang pada bagian batang dan tangkai bulir apabila terjadi serangan yang tinggi (Kanaka 2002 dan Dubin & Duveiler



Gambar 9. Gejala penyakit antraknosa pada tanaman sorgum

2000). Penyakit bercak daun pada sorgum disebabkan oleh cendawan *E. turcicum* atau *Helminthosporium turcicum*. Dari hasil isolasi kemudian diidentifikasi ternyata cendawan ini mempunyai konidia berbentuk oval atau elips, ukuran konidianya 125 – 250 x 6 – 10 um, konidiospora memiliki hilus sedikit menonjol

dan terdiri dari 8 – 9 septa (Frederiksen 1986).

Gejala permulaan penyakit karat yaitu terlihat bercak kecil berwarna merah atau cokelat kemerahan, kemudian bercak berkembang berupa pustule kemudian menjadi kumpulan spora dan berwarna coklat tua. Karat pustula muncul pada kedua permukaan dan bagian atas terinfeksi lebih parah daripada bagian bawah. Infeksi menyebar dari daun bawah sampai ke atas dan infeksi bisa terjadi pada batang apabila infeksi atau intensitas serangannya tinggi. Pustule berwarna coklat kemerahan atau coklat tua, bentuknya bulat untuk elips dan ukuran 1-2 mm. Serangan pada varietas sangat rentan karena pustule terjadi begitu padat sehingga hampir seluruh jaringan daun tertutup oleh pustule yang menyebabkan daun mengering dan mengalami kerontokan lebih cepat karena tidak berfungsi lagi, sedangkan pada varietas yang resisten sepertiga bagian posisi daun bagian atas hampir bebas dari serangan karat (Jodie et al. 2012).

Penyakit karat disebabkan oleh *Puccinia purpurea*. pada umumnya mempunyai lima stadium spora yaitu: pikniospora, aegiospora, uredospora, teliospora dan basidiospora. Umumnya penyakit karat bertahan dengan membentuk spora seksual (Teliospora) karena dindingnya tebal sehingga lebih tahan pada lingkungan yang kurang cocok dan penyebarannya dengan urediospora yang berbentuk seperti tepung. Urediospora berbentuk

bulat telur dengan ukuran 24-38 um x 23-27 um

Penyakit ini bersifat obligat parasit sehingga untuk perkembangannya memerlukan jaringan tanaman yang hidup untuk bertahan hidup atau memerlukan inang. Insiden dan keparahan dari perkembangan penyakit tergantung pada kondisi cuaca dan reaksi genotip sorgum. Cendawan karat hanya membutuhkan enam jam atau lebih dengan kelembaban relatif ≥ 95 persen. Pada varietas yang tahan terbentuknya urediospora berkurang dibanding pada varietas yang peka, kehilangan hasil pada sorgum yang terserang penyakit karat mencapai 3,4-13% tergantung intensitas serangan (Jodie et al. 2012).

Penyakit busuk batang pada sorgum Cendawan *Fusarium* menyerang tanaman sorgum di semua tahap pertumbuhan dan dapat menyebabkan busuk pada bibit sehingga gagal untuk berkecambah atau mengalami *damping off*, selain itu cendawan ini juga merusak bagian akar dan batang sehingga cendawan ini disebut sebagai *soilborne disease* (Anonymus 2001). Gejala pertama pada umumnya menyerang akar dan pada bagian yang terserang terlihat berwarna coklat kemerahan atau cokelat keabu-abuan kemudian pada bagian akar mengalami pembusukan, seterusnya menjalar ke bagian batang, hal ini menyebabkan terjadinya gangguan translokasi air dan nutrisi (Dodd 1980). Penyakit busuk batang pada sorghum disebabkan oleh cendawan *Fusarium sp.* dari hasil isolasi kemudian diidentifikasi ternyata jamur ini mempunyai miselia berwarna merah muda dengan konidia berbentuk elips terdiri dari 3 – 5 septa, ukuran konidia 4–6 × 10–30 μm sedikit melengkung dan meruncing di kedua ujungnya.

Kehilangan hasil untuk sebagian besar busuk batang sulit untuk memastikan, busuk batang dan akar dapat menjadi masalah yang cukup besar dalam produksi sorgum. Tingkat kerusakan tanaman sangat dipengaruhi oleh tanah dan faktor lingkungan. Kondisi pertumbuhan yang merugikan seperti kekeringan yang berlebihan, atau tanaman tergenang karena drainase yang kurang baik sangat membantu perkembangan penyakit ini

BAB VI

PANEN DAN PASCAPANEN

PANEN DAN PASCAPANEN SERTA PENGOLAHAN SORGUM

Penanganan panen dan pascapanen merupakan salah satu mata rantai penting yang harus mendapat perhatian dalam usaha tani komoditas pertanian termasuk sorgum. Walaupun saat ini belum ada standar mutu dalam perdagangan sorgum namun penerapan teknologi pascapanen yang baik, terutama ditingkat petani diperlukan agar produk biji yang dihasilkan lebih kompetitif dan mampu bersaing di pasar bebas. Sebagai bahan pangan memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi dari pada beras. Dalam diversifikasi pangan, sorgum masih terbatas sebagai sumber karbohidrat, padahal sorgum mengandung komponen pangan fungsional yang sangat prospektif (Suarni dan Subagio 2016). Salah satu jenis sorgum adalah sorgum manis memiliki nilai tambah karena dari limbah batangnya dapat menghasilkan nira yang dapat diolah menjadi gula dan turunannya, bahan bioethanol, sedangkan bijinya dapat diolah sebagai bahan pangan, industry, juga dapat diolah menjadi bioethanol melalui

ekstrak pati dan fermentasi seperti gula dalam nira. Untuk memperoleh kualitas dan kuantitas produk sorgum baik sebagai pangan, industry, bioethanol dibutuhkan penanganan pascapanen yang aplikatif, sistematis, yang pada akhirnya menghasilkan produk sorgum yang bermutu tinggi.

Peranan teknologi pascapanen primer meliputi kegiatan panen, pengeringan, perontokan, pengeringan ulang sehingga diperoleh biji sorgum kering dengan kadar air 12-14%. Tahapan tersebut untuk memperoleh biji sorgum kering masak fisiologis yang siap diproses menjadi bahan setengah jadi yaitu sorgum sosoh, tepung sorgum dan pati sorgum melalui beberapa tahapan. Biji sorgum kering yang diperoleh dari pascapanen primer, dilanjutkan pascapanen sekunder yaitu diolah menjadi bahan setengah jadi (sosoh, tepung, pati), selanjutnya dibuat ragam produk olahan baik pangan maupun industry (Suarni dan Firmansyah 2012).

Penanganan pascapanen pada komoditas sorgum bertujuan mempertahankan biji sorgum yang telah dipanen dalam kondisi baik serta layak dan tetap enak dikonsumsi. Penanganannya dapat berupa perontokan, pembersihan, pengeringan, pengemasan, penyimpanan, pencegahan serangan hama dan penyakit, dan penanganan lanjutan termasuk bahan sorgum setengah jadi (*intermediate product*).

Pemanenan, Pengeringan & Perontokan

Biji sorgum yang melekat pada malai tidak mempunyai pelindung (seperti kelobot atau polong) sehingga biji sorgum sangat rentan terhadap kehilangan menjelang panen misalnya dimakan burung, serangga, jamur serta kondisi lingkungan lainnya yang merugikan. Selain itu, sorgum juga agak sulit dikeringkan di lapangan sampai kadar air 14% sebelum dipanen. Oleh karena itu, apabila saat panen tiba, sorgum sebaiknya dipanen dan diproses secepat mungkin untuk menghindari susut kualitatif dan kuantitatif. (Firmansyah *et al.* 2010).

Pemanenan dapat dilakukan 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 umur 60-65 hari), dan berdasarkan informasi tersebut waktu panen yang tepat adalah 40-45 hari setelah bakal biji terbentuk. Salah satu acuan dalam menentukan umur panen adalah berdasarkan deskripsi varietas. Kisaran umur tanaman sorgum dapat dipanen adalah 100-115 hari, dengan sedikit perbedaan antar setiap varietas sorgum. Varietas Numbu yang populer di masyarakat memiliki umur panen antara 100-105 hari, sedangkan Varietas Kawali kisarannya pada umur antara 100-110 hari. Varietas unggul tersebut dilepas oleh Badan Litbang Pertanian/Balai Penelitian Tanaman Serealia tahun 2001 (Aqil *et al.* 2013). Kadar air biji sorgum saat panen bervariasi antara 20-23%, sedangkan untuk layak dirontokkan dengan kadar air 17%, sehingga memerlukan pengeringan (Firmansyah *et al.* 2010). Panen sorgum dilakukan dengan memotong malai dengan menggunakan sabit atau parang. 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 menggunakan sabit. Malai yang telah dipotong selanjutnya dikumpulkan dan di masukkan ke dalam karung plastik untuk diproses pada fase selanjutnya. Keterlambatan dalam pemanenan sorgum berakibat menurunkan hasil panen 8-16% tergantung kadar air biji sorgum. 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.

Pengeringan bahan pangan merupakan salah satu penanganan pascapanen yang sangat penting. Pengeringan merupakan tahapan operasi rumit yang meliputi perpindahan panas dan massa secara transien serta beberapa laju proses, seperti transformasi fisik

atau kimia, yang pada gilirannya menyebabkan perubahan mutu hasil maupun mekanisme perpindahan panas dan massa. Proses pengeringan dilakukan sampai pada kadar air rendah, sehingga aman disimpan dan tetap memiliki mutu yang baik sampai ke tahap proses pengolahan menjadi bahan setengah jadi.

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 di jumpai 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 menampi dengan tujuan untuk memisahkan biji dengan daun, malai dan kotoran ikutan lainnya. Di berbagai negara terdapat cara-cara yang unik untuk merontok sorgum. Balai penelitian Tanaman Serealia merancang bangun alat perontok multi komoditas untuk padi dan sorgum. Hasil perbaikan mesin perontok padi/kedelai untuk sorgum model PSPK-Balitsereal mempunyai kapasitas 343 kg/jam dengan efisiensi 90,23-92,84% pada putaran silinder perontok 500-700 rpm dan laju pengumpanan berkisar 6-8 kg/menit. Mesin tersebut juga diuji untuk merontok padi dengan kapasitas 220 kg/jam dan efisiensi 82,93% pada putaran silinder 600 rpm dan laju pengumpanan 7 kg/menit (Firmansyah *et al.* 2010).

Peyimpanan Sorgum

Setelah melalui proses perontokan maka biji sorgum siap untuk 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 lapisan tanin yang rasanya sepat dan mempengaruhi citarasa makanan. Apabila biji akan dipasarkan, tidak perlu disosoh dan langsung dimasukkan dalam karung dan disimpan di gudang.

Penyimpanan produk biji bertujuan untuk mempertahankan kualitas biji dari kemungkinan faktor lingkungan yang dapat merusak biji sorgum, diantaranya serangan 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. Biji sorgum simpanan sangat peka terhadap serangan hama gudang. Biji sorgum yang disimpan pada kadar air awal lebih kurang 13% setelah terinfeksi hama sewaktu di lapangan dan disimpan di dalam kaleng dengan tutup kurang rapat dan sering dibuka, kerusakan lebih kurang 30% biji sorgum berlubang-lubang setelah disimpan selama tiga bulan dalam suhu kamar. Hasil penelitian penyimpanan biji sorgum beberapa galur/varietas setelah waktu simpan tiga bulan, sudah mulai terserang hama gudang, termasuk kumbang bubuk *Sitophilus zeamais* Moisch (Nonci *et al.* 1997, Pabbage *et al.* 1997 dalam Suarni 2005).

Apabila petani sorgum panen waktu hujan, atau musim kemarau tetapi belum sempat mengolah hasil panen sorgum dari bentuk malai menjadi bahan setengah jadi, dapat menggunakan metode penyimpanan dalam bentuk malai. Sorgum dalam bentuk malai yang diperoleh setelah panen, dimana malai yang akan disimpan dimasukkan dalam wadah penangas (uap air panas) dengan suhu 65-70°C. Perlakuan uap air panas ini akan menembusi biji sorgum dan diharapkan mikroorganisme yang berada di dalamnya dapat mati namun mutu biji masih cukup terjaga dan layak sebagai bahan pangan. Dalam hal ini menggunakan panci yang memiliki kukusan, waktu perlakuan uap air panas masing-masing 25 menit - 35 menit. Sampel kontrol dengan sampel pemberian uap air panan diproses, dihancurkan dengan alat blender, menjadi sampel siap analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil analisis untuk komposisi



Gambar 10. Pemberian uap pada malai sorgum sebelum penyimpanan (Suarni *et al.* 2019)

proksimat masih layak untuk bahan pangan dan kandungan tanin mengalami penurunan hal ini merupakan nilai tambah dari teknologi penyimpanan sorgum dalam bentuk malai. Penyimpanan bisa disimpan >4 bulan. Selama penyimpanan biji sorgum masih dalam bentuk malai terjaga dari serangan hama gudang,mdari hasil penelitian memperlihatkan biji rusak (berlubang) masih dapat dipertahankan (Suarni *et al.* 2019).

Teknologi ini dapat diterapkan petani sorgum didaerah pertanamannya, karena peralatan bisa dimodifikasi sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Bengkel setempat di desa dapat dengan mudah membuat, memodifikasi dengan bahan dan peralatan tersedia di Toko Bahan Bangunan di desa penghasil sorgum. Prinsip cara kerja alat tersebut, dapat memberikan uap pada sorgum dalam bentuk malai. Setelah diberi uap panas, selanjutnya dikeringanginkan di tempat terbuka.

PEMANFAATAN SORGUM UNTUK DIVERSIFIKASI PANGAN DAN INDUSTRI

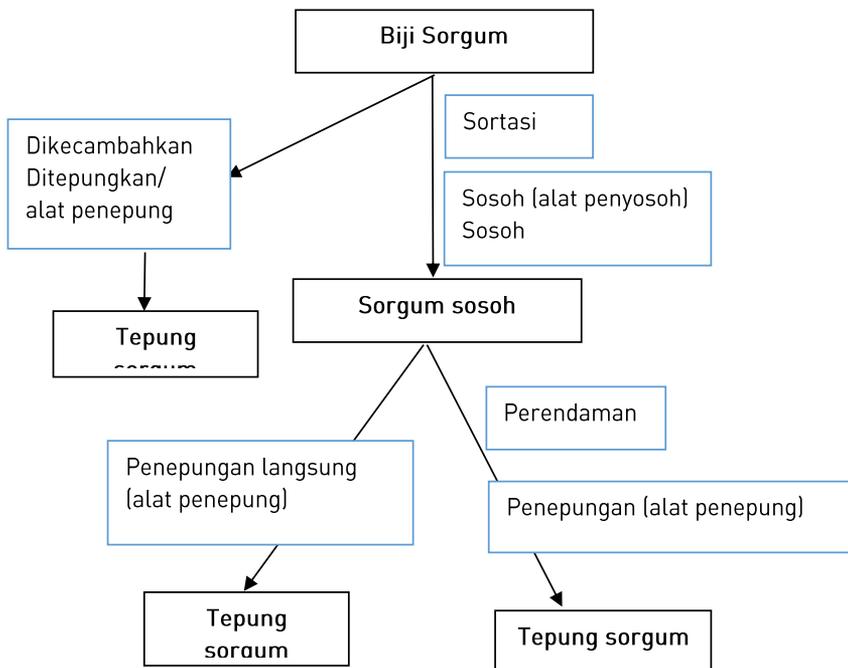
Tersedianya biji sorgum kering merupakan bahan pangan dan industry yang akan melalui beberapa tahapan pengolahan tergantung peruntukkannya. Pemanfaatan sorgum dalam bentuk tepung lebih menguntungkan, karena bahan tersebut dapat dibuat berbagai ragam olahan makanan. Kelemahan bahan bentuk tepung pada produk akhir seperti kue kering yaitu adanya rasa sepat. Rasa sepat ini sulit dihilangkan dalam proses pembuatan tepung, karena tanin lolos dalam penyaringan. Senyawa kimia tersebut merupakan anti nutrisi yang tidak diinginkan dalam makanan.

Penyosohan dan Penepungan

Biji sorgum kering setelah disortasi, disosoh, selanjutnya dilakukan penepungan. Biji sorgum varietas Span lebih keras, sehingga waktu penyosohan biji mudah tersosoh dan tidak banyak yang

hancur. Kadar air bahan sangat berpengaruh pada proses penyosohan, dianjurkan kadar air bahan kurang dari 14%. Kadar air bahan yang akan disosoh sangat berpengaruh pada prosesing penyosohan baik bahan jagung maupun sorgum. Penepungan dilakukan dengan dua metode yaitu metode basah dan kering, rendemen tepung metode basah lebih tinggi dibanding metode kering untuk semua varietas.

Pada proses pengolahan biji sorgum menjadi biji tersosoh dan selanjutnya menjadi tepung, terjadi penurunan kadar nutrisi terutama protein. Dari kadar protein biji sorgum tiga varietas antara 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, perendaman protein larut dalam air



Gambar 11. Proses pengolahan sorgum sosoh & tepung sorgum (Suarni 2005)

dan terbuang waktu pencucian sorgum sosoh sebelum ditepungkan. Penelitian sebelumnya menunjukkan kadar protein turun drastis akibat proses pengolahan biji secara kering menjadi tepung pada varietas UPCAS1 dan Isiap Dorado. Hal ini disebabkan kandungan protein biji sorgum tertinggi terdapat pada bagian lapisan aleuron terkikis waktu penyosohan (Suarni 2004).

Hal ini disebabkan dengan perendaman sorgum sosoh dengan metode basah, granula pati, lemak dan protein mengalami pengembangan/perubahan struktur, sehingga biji lunak dan mudah ditepungkan, sehingga rendemen tepung lebih tinggi dan tekstur lebih halus. Metode perendaman sebenarnya adalah metode fermentasi spontan ketika sorgum sosoh selama dalam perendaman. Kandungan tanin turun, terutama pada metode basah kadar tanin (tidak terukur). Perubahan komposisi proksimat bahan sorgum sosoh disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kandungan nutrisi, tanin biji dan tepung sorgum.

Komposisi/ Varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Lemak (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% 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

Komposisi/ Varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Lemak (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbohidrat (% bb)	Tanin (% bb)
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)

Mustika *et al.* (2015) telah melakukan metode penepungan dengan fermentasi spontan, yaitu dengan perendaman terhadap biji sorgum yang telah disosoh (sorgum sosoh). Prinsip kerjanya sama yang dimaksud perendaman adalah fermentasi tanpa tambahan bahan kimia dan lainnya. Selanjutnya Tjahyadi *et al.* (2011), melakukan penyosohan terhadap biji sorgum. Lama penyosohan (1, 1,5 dan 2 menit) berpengaruh terhadap penurunan komponen proksimat (abu, protein, lemak, serat kasar) (Tabel 9).

Tabel 9. Komposisi tepung sorgum dari beras sorgum hasil berbagai lama penyosohan.

Komposisi Tepung Sorgum	Lama Penyosohan Beras Sorgum		
	1 menit	1,5 menit	2 menit
Kadar Air (%b.k)	6,91	7,49	7,49
Kadar Abu (% b.k)	1,4	1,06	0,99
Kadar Protein (%b.k)	5,65	5,09	4,72
Kadar Lemak (% b.k)	2,65	2,41	2,09
Kadar Serat Kasar (% b.k)	0,31	0,25	0,18
Kadar Karbohidrat (% b.k)	90,3	91,44	92,2
Kadar Amilosa (%)	27,53	27,39	27,57

Sumber: Tjahyadi *et al.* (2011)

Waktu yang digunakan pada saat penyosohan tidak berpengaruh terhadap kadar air dan kadar amilosa dan karbohidrat, sedangkan kadar air dan karbohidrat tidak mengalami perubahan yang berarti akibat perlakuan waktu penyosohan.

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi telah mengembangkan mesin penepung sorgum yang dapat memenuhi diversifikasi tepung. Pengembangan Mesin Penepung Sorgum ini dilaksanakan dengan anggaran DIPA Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong Tahun 2017. Mesin penepung merupakan mesin yang berfungsi untuk menghaluskan sorgum sosoh kering hingga menjadi tepung. Mesin penepung sorgum ini terdiri 5 komponen utama yakni rangka utama, disk mill, siklon, transmisi dan motor penggerak. Rangka utama berupa besi stainless steel setebal 2 mm. Adapun uji unjuk kerja mesin dilakukan pada putaran 600 rpm didapat kapasitas 200 kg/jam dengan tingkat kehalusan 96 mesh. Adapun engine yang digunakan adalah 11,5 HP. Saran dari penelitian perkerayaan ini adalah perlu ditingkatkan kehalusannya menjadi 100 mesh (Arustriarso *et al.* 2018).

Pati Sorgum

Hingga saat ini, Indonesia masih mengimpor pati/dekstrin dalam bentuk pati alami maupun yang telah dimodifikasi dari luar, pada hal sorgum termasuk sumber pati yang memadai. Sorgum memiliki komposisi pati sebanyak 70-80% (Suarni, 2005). Komposisi pati sorgum tersebut sangat berpotensi sebagai bahan tambahan dalam pengolahan aneka produk dan sebagai sumber bahan bakar nabati yaitu bioetanol. Pembuatan pati sorgum relatif lebih sulit dibanding penepungan, yaitu melalui proses sortasi, penyosohan, perendaman, dan ekstrak pati dengan berbagai metode. Pelepasan matriks protein yang mengikat pati sorgum dapat dilakukan dengan perendaman, penambahan larutan kimia yang aman untuk pangan.

Bahan Diversifikasi Pangan

Dalam bentuk sosoh (sorgum pulut) dapat diolah menjadi makanan tradisional antara lain wajik, tape, rangginan, hal ini dapat menunjukkan kemampuan sorgum sosoh dalam mensubstitusi beras pulut yang relatif mahal harganya (Rp.18000/kg). Selanjutnya bahan tepung sorgum pulut dan non pulut dapat diolah menjadi beragam pangan tradisional, dalam hal ini dapat mengganti/mensubstitusi tepung beras pulut/non pulut (Suarni dan Firmansyah 2012). Berbagai olahan yang dapat diproduksi dari bahan sorgum sehingga dapat mendukung diversifikasi pangan, bahkan dapat ditingkatkan statusnya menjadi diversifikasi pangan fungsional. Komoditi tersebut adalah pangan sumber karbohidrat, memiliki nilai unggul dalam hal komponen pangan fungsional, mineral Fe tinggi, serat pangan tinggi dan komponen flavonoid yang dapat memiliki aktivitas antioksidan terhadap kesehatan. Sebenarnya masyarakat akan tertarik dengan komoditi tersebut, apabila telah mengonsumsi langsung karena memiliki rasa khas yang berbeda dengan bahan pangan lainnya. Menurut konsumen yang pernah menyipi produk berbasis sorgum, adanya rasa khas yang spesifik menjadi daya tarik tersendiri, terutama olahan seperti bubur berbagai resep tetap menunjukkan aroma tersebut. Produk bubur telah mengalami berbagai modifikasi tergantung selera konsumen, karena masih sebatas olahan di desa penghasil sorgum. Produk sorgum belum dikenal, karena masih langka diperoleh/ belum tersedianya bahan tersebut baik dalam bentuk sorgum sosoh maupun tepung. Bahan tersebut masih susah diperoleh kecuali ke daerah penghasil sorgum. Berikut adalah aneka produk olahan yang disajikan berbasis sorgum pada (Tabel 10).

Tabel 10. Ragam produk olahan berbasis sorgum

Bahan	Produk olahan	Referensi
Sorgum sosoh/ Beras sorgum	Bubur Wajik Lemper Tape Rangginan Nasi sorgum instan Bubur sorgum modifikasi	Pengrajin cemilan tradisional Pengrajin cemilan tradisional Pengrajin cemilan tradisional Pengrajin cemilan tradisional Pengrajin cemilan tradisional Widowati <i>et al.</i> 2010 Dewanti <i>et al.</i> 2012
Tepung sorgum <i>Olahan tradisional/ semi tradisional</i>	Dodol Onde-onde Dange Nagasari Dadar Kue kering Kue lapis modifikasi Puding modifikasi Dodol modifikasi	<i>Pengrajin cemilan tradisional</i> <i>Pengrajin cemilan tradisional</i>
Olahan modern	Cookies, rerotian Cake, brownies Roti tawar Roti tawar Stik bawang Mie Beras analog	Suarni dan Patong 2001 Suarni 2005 Suarni 2009 Apsari (2007) Mustika <i>et al.</i> 2015 Tjahyadi <i>et al.</i> (2011) Muhandri <i>et al.</i> (2011) Budijanto dan Yulianti (2012)

Sumber: (Suarni 2016)

Produk pangan berbasis sorgum tersebut, telah dikonsumsi di daerah khusus penghasilnya termasuk beberapa daerah di NTT, Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan daerah penghasil sorgum

lainnya. Sebenarnya pengonsumsi olahan tradisional tersebut telah mengonsumsi pangan sehat, tetapi pada umumnya hanya belum memahami bahwa yang dikonsumsi selama ini adalah produk pangan fungsional. Sorgum yang digunakan sebagai sumber pangan umumnya yang mengandung amilosa rendah dan sedang. Beberapa produk olahan tradisional, semi tradisional dan modern dapat dibuat dari bahan sorgum baik dalam bentuk sosoh maupun tepung (Gambar 12).



a) Bubur



b) Puding



c) Kue semprong



d) Kue kering coklat



e) Kue kering keju



f) Kue apem



g) Brownies



h) Cake



i) Onde-onde & Nagasari

Gambar 12. Aneka Produk Olahan Tradisional & Modern

Keterangan:

(a & b Diakses 10/2/21) dan lainnya Foto dokumentasi pribadi)

Masyarakat di Sulawesi Selatan khususnya Jeneponto, Selayar mengolah sorgum secara tradisional dengan membuat makanan tradisional seperti dodol, songkolo, buras, bajé dan pangan pokok pengganti beras non pulut dan pulut.

Pemanfaatan Sorgum (Sosoh, Tepung dan Pati)

Dalam bentuk sosoh biji sorgum dapat diolah menjadi makanan tradisional antara lain wajik, tape, rangginan (sorgum ketan). Hal ini menunjukkan sorgum dapat mensubstitusikan beras ketan yang harganya relatif mahal Rp. 11.000/kg (Suarni dan Firmansyah, 2012). Beras sorgum pulut dapat mensubstitusikan beras ketan, sedangkan non pulut diolah menjadi nasi sorgum, dan bubur sorgum. Karakteristik nasi sorgum instan yang dihasilkan adalah kandungan 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%, serta menghasilkan energi 403 kkal/100 g (Widowati *et al.*, 2010). Dewanti *et al.* (2012), telah meneliti produk bubur sereal instan dari bahan sorgum dan kacang tunggak sebagai sumber protein, menggunakan metode ekstruksi dengan penambahan bahan maltodekstrin. Tingkat penerimaan panelis cukup memadai, artinya produk olahan tersebut dapat diterima konsumen dalam artian nasi sorgum instan dan bubur sereal instan dapat dikembangkan dan akan memiliki nilai jual peluang bagi pemerhati pangan lokal termasuk produk sorgum.

Resep pemanfaatan tepung sorgum di Indonesia menjadi aneka produk makanan, seperti mi, roti, aneka cake, brownies, ragam cookies dan makanan tradisional telah tersedia, baik dari hasil penelitian maupun resep dari pengrajin makanan cemilan. Penambahan bumbu spekuk (terdiri dari rempah-rempah) dapat menekan rasa sepat, berkhasiat untuk kesehatan dan berfungsi menambah rasa spesifik dari olahan kue kering yang dihasilkan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan $\frac{1}{2}$ - 1 sendok teh bumbu spekuk pada standar resep olahan, cukup efektif untuk

menekan rasa sepat dengan tingkat penerimaan “baik” secara uji organoleptik. Dari sudut pandang pangan fungsional, adanya rasa sepat menunjukkan masih ada komponen polyphenol khususnya tanin dalam olahan yang berfungsi sebagai antioksidan yang sangat dibutuhkan tubuh (Suarni, 2009). Pemanfaatan tepung sorgum dalam pembuatan stik bawang telah dilakukan Tjahyadi *et al.* 2011. Produk stik bawang diterima baik oleh panelis, dengan substitusi terigu masih dibutuhkan. Olahan stik bawang lebih disukai panesis dibanding dari bahan terigu 100%, karena aroma tepung sorgum agak disukai karena memiliki aroma khas yang menarik. Harapannya produk tersebut memiliki nilai tambah yaitu mengandung mineral Fe dan aktivitas antioksidan. Hal ini, sesuai dengan penelitian Apsari (2007), Suarni dan Patong (2001) pada pembuatan roti tawar dengan sorgum masing-masing genotipe B-100, UPCA-S1 bahwa semakin besar tingkat substitusi tepung sorgum terhadap terigu, tingkat kecerahan adonan roti makin menurun. Untuk produk mi dari tepung sorgum telah dilakukan Muhandri *et al.* (2011) dengan menggunakan varietas Numbu. Segi warna produk berbasis tepung sorgum agak berpengaruh terhadap tingkat kesukaan panelis, tetapi hal ini dapat menjadi rujukan untuk menghasilkan produk olahan yang menarik misalnya membuat produk dengan tambahan coklat atau pemanisnya dari gula aren. Pada umumnya produk olahan yang membutuhkan pengembangan hal ini adalah kontribusi dari gluten yang kurang dimiliki tepung sorgum tetapi sangat dominan pada tepung gandum atau terigu. Kelebihan gandum adalah kandungan glutennya yang sangat prima pada olahan seperti rerotian dan sejenisnya.

Kelebihan terigu dibanding tepung sorgum adalah karena kandungan gluten yang prima pada terigu sifat tersebut yang tidak dimiliki tepung sorgum. Hal ini justru menjadikan olahan berbasis tepung sorgum sesuai dengan konsumen penderita penyakit alergi gluten. Khusus bagi penderita alergi gluten, tepung sorgum dapat diolah menjadi produk tanpa substitusi dengan terigu atau tepung

gandum.

Mustika *et al.* (2015) telah mengolah sorgum menjadi tepung sorgum terfermentasi dan tanpa fermentasi dan membuat olahan roti tawar menunjukkan bahwa produk dapat diterima panelis adalah roti tawar dengan konsentrasi substitusi tepung sorgum 10% dan 20% baik tepung sorgum dengan fermentasi maupun tanpa fermentasi. Ternyata substitusi tepung sorgum hanya bisa mencapai 10-20% sesuai hasil penelitian sebelumnya (Suarni 2005).

Perbaikan mutu tepung sorgum dapat dilakukan dengan metode enzimatik. Modifikasi tepung dengan enzim α -amilase dari kecambah kacang hijau menunjukkan adanya perbaikan sifat fisikokimia dari tepung sorgum dan peningkatan nilai nutrisinya, terutama kadar proteinnya menjadi 14,5% untuk varietas Kawali. Kecambah kacang hijau yang kaya akan nutrisi dan pangan fungsional terbawa ke dalam tepung sorgum termodifikasi dan tepung termodifikasi ini sesuai untuk olahan bertekstur lunak (Suarni dan Ubbe, 2005).

Sorgum untuk Industri

Sorgum sebagai sumber pati, dapat dijadikan bahan baku pada 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 sekitar 25%:75% pada varietas Numbu dan Kawali yang menunjukkan kesesuaiannya untuk industri tersebut.

Ketiga komponen hasil panen sorgum, yaitu biji, nira batang dan bagas (ampas perahan nira) dapat digunakan sebagai bahan baku etanol. Sorgum manis yang batangnya banyak mengandung gula, berpotensi sebagai bahan baku gula, bioetanol dan molase untuk pembuatan mono sodium glutamat. Biji sorgum memiliki komposisi pati sebanyak $\pm 78,45\%$, sangat berpotensi sebagai sumber bahan bakar nabati yaitu bioetanol. Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan salah satu bahan bakar nabati yang saat ini menjadi primadona untuk

menggantikan minyak bumi. Minyak bumi saat ini harganya semakin meningkat, selain kurang ramah lingkungan juga termasuk sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Beberapa hasil penelitian dari bahan pati sorgum menjadi bioetanol dengan perlakuan fermentasi (Herlinda 2011, Meldha *et al.* 2012).

Selain pati sorgum sebagai bahan baku bioetanol, batang sorgum juga dapat diekstrak menjadi nira sorgum, selanjutnya dapat diolah menjadi gula merah, selain itu dapat difermentasikan menjadi bioetanol seperti halnya dari bahan pati sorgum. Kadar gula (dalam derajat brix) nira sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan nira tebu. Nira sorgum memiliki kelemahan dalam kadar abu, amilum dan asam akonitat yang lebih tinggi dibandingkan dengan nira tebu. Bioetanol dibuat dari nira batang sorgum manis, batang sorgum apabila diperas akan menghasilkan nira yang rasanya manis. Beberapa hasil penelitian dari bahan batang sorgum manis berbagai varietas diolah dengan metode fermentasi menghasilkan bioetanol.

Selanjutnya, Suparti *et al.* (2012) telah meneliti batang sorgum, diperoleh kadar gula rendemen nira varietas Numbu lebih tinggi dari CTY33. Batang sorgum manis varietas ICSV700 dari ekstrak nira diolah menjadi alkohol menunjukkan bahwa produk persentase alkohol berkisar antara 0,5 – 1,1% (Apriwinda 2013). Masa vande mi Covid-19, Balitsereal telah mengekstrak nira batang sorgum manis beberapa varietas dan selanjutnya diolah menjadi bioethanol yang sangat dibutuhkan untuk pembuatan *hand sanitizer*.

Era sekarang ini, lagi tren kemasan plastik dari bahan yang aman, kemasan plastik dari jerami, juga dari bahan pangan berbasis pati. Potensi sorgum sebagai bahan pangan sumber pati sangat berpotensi diolah menjadi kemasan plastik. Darni dan Utami (2010), telah mengolah pati sorgum menjadi bioplastik. Formulasi campuran pati sorgum-kitosan 7:3 dengan *plasticizer* sorbitol terbaik adalah pada konsentrasi 20% dan temperatur gelatinisasi 95°C. Konsentrasi sorbitol 20% sebagai *plasticizer* pada campuran

pati-kitosan sudah dapat memberikan sifat elastisitas yang menyamai plastik komersial (polipropilena dan polietilen), dengan nilai tambah setelah digunakan tidak mengganggu lingkungan. Kemasan ini aman bagi kesehatan dan tidak merusak lingkungan memiliki nilai tambah dengan harga bersaing, tetapi terjangkau bagi semua kalangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Almodares, M. Ranjbar, M. R. Hadi, 2010. "Effects of nitrogen treatments and harvesting stages on the aconitic acid, invert sugar and fibre in sweet sorghum cultivars", *Journal of Environmental Biology* 31 (2010) 1001 – 1005.
- Amall, C. B. Godsey, D. Bellmer, R. Huhnke, W. R. Raun, 2011. The nitrogen requirement and use efficiency of sweet sorghum produced in Central Oklahoma. <http://npk.okstate.edu/presentations/>, 2011 (accessed 06.01.2017).
- Anonim. 1983. Sorghum insect identification handbook. International Crops Research Institute for the Semi arid Tropics. Information Buletin, No.12.
- Anonim. 2005. Kelayakan tekno-ekonomi bio-ethanol sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. Balai Besar Teknologi Pati – BPPT. Jakarta.
- Apriwinda. 2013. Studi fermentasi nira batang sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L) Moench) untuk produksi etanol. Skripsi Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Apsari, I. S. 2007. Pengaruh imbalanced tepung terigu dengan tepung sorgum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) terhadap karakteristik roti tawar yang dihasilkan dengan *straight process* cara Lange dan cara Sultan. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.

- Aqil dan Bunyamin Z. 2014. Pengelolaan air dan tanaman sorgum. Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Pengembangan Sorgum, Puslitbangtan Bogor.
- Aqil, M., C. Rapar, dan Zubachtirodin. 2013. Deskripsi varietas unggul jagung, ASAE Standards. 2002. D254.4. Moisture relationships of grains. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Arustiarso, A. N. Alam Syah dan A. Nurhasanah. 2018. Pengembangan dan uji unjuk kerja mesin penepung sorgum. hlm. 58-64. Seminar Nasional PERTETA 2018 : Mekanisasi, Otomasi dan Aplikasi ICT dalam Mendukung Bioindustri dan Industri Kelapa Sawit Berkelanjutan.
- Awika, J.M. and L.W. Rooney. 2004. Review: sorghum phytochemical and their potential impact on human health. J. Phytochemistry 65: 1199-1221.
- Balitnak. 2006. Potensi sorgum sebagai sumber pakan ternak. Pusat Penelitian dan Pengembangan Ternak. Bogor.
- Brooker, D.B., F.W. Baker-Akrkema, and C.W. Hall. Drying cereal grains. 1981. Connecticut: the avi publishing. 265p.
- Budijanto, S. dan Yuliyanti. 2012. Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. Jurnal Teknologi Pertanian 13(3):177-186.
- Culver, C.A. and R.E. Wrolstad. 2008. Color quality of fresh and processed foods. (eds.). ACS Symposium Series 983.
- Darni, Y. dan H. Utami. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 7(4):88-93.
- 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.
- Delouche, J.C. 1990. Research on association of seed physical properties to seeds quality. Prepared for Seed Research Workshop. AARP II Project, Sukamandi, Indonesia

- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, and W.J.H. Van Berkel. 2006. Sorghum grains as human food in Africa: 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.
- 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.
- Elefatio, T., E. Matuschek, and U.L.V. Svanberg. 2005. Fermentation and enzymic treatment of tannin sorghum gruels: effect on phenolic compounds, phytate and in vitro accessible iron.
- FAO. 1999. Sorghum: postharvest operation. Natural Resources Institute (www.fao.org)
- FAO. 2001. Sorghum and millets in human nutrition. (www.fao.org). Rome.
- FAO. 2002. Sweet Sorghum in China. Spotlight 2000.
- 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 tanin sorgum (mendekati 0%) pada proses penyosohan. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Serealia.
- Firmansyah, I.U., M. Aqil dan Suarni. 2011. Teknologi penekanan kehilangan hasil pada kegiatan perontokan dan penyosohan sorgum. Laporan Penelitian. Balitsereal.
- Gerik, T., B. Bean, and R.L. Vanderlip. 2003. Sorghum growth and development. Texas Cooperative Extension Service.
- Handerson, S.M. and R.L. Perry. 1982. Agricultural process engineering. Third edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport Connecticut.
- Harbone, J.B. 1996. Metode fitokimia cara modern menganalisis tumbuhan. Diterjemahkan Kokasih Padmawinata dan Iwang Sudiro. Edisi ke dua. ITB. Bandung. p. 102-108.

- Harlan, J.R. and J.M.J.de Wet.1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Science*12(2):172-176.
- Herlinda, Y. 2011. Pembuatan bioetanol dari nira sorgum dengan proses fermentasi menggunakan yeast *Pichia Stipitis*. Skripsi, Universitas Riau.
- Hoppe, T. 1986. Storage insects of basic food grain in Honduras. *Trop. Sci.* 26:25-28.
- House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India.
- 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.
- ICRISAT. 2002. Annual Report 2002 of Sorghum Research and Dissemination. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Ilmi, S. 2015. Skripsi. Biopellet dari Limbah Batang Sorgum (*Sorghum bicolor* L.). Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- 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 220 Sorgum: Inovasi Teknologi dan Pengembangan agroindustri. Risalah Simposium. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- 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.
- Lubis, S. dan R. Thahir. 1994. Uji penampilan alat penyosoh Model SoliaSM60 pada sorgum dan kedelai. Dalam E.E. Ananto, Sumihadi, A.
- Meldha Z., Chairul, S. Z. Amraini. 2012. Produksi bioetanol dari pati sorgum dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan variasi temperatur liquifikasi. Lab. Rekayasa Bioproses/Teknik Kimia Universitas Riau.

Diakses 5-9-2014.

- Mudjisihono, R. dan D.S. Damardjati. 1985. Masalah dan hasil penelitian pascapanen sorgum. Risalah Rapat Teknis Puslitbangtan. Bogor.
- Muhandri, T., Subarna, I. Mustakim. 2013. Optimasi proses pembuatan mi sorgum dengan menggunakan ekstruder ulir ganda. *Jurnal Sains Terapan* 3(1): 1– 8.
- Mustika.S., L. Kurniawati, A. Mustofa. 2015. Karakteristik roti tawar dengan substitusi tepung sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) terfermentasi dan tanpa fermentasi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(1):1-5.
- Nath, B. 1982. Population breeding techniques in sorghum. In *Sorghum in eighties. Proceedings of the International Symposium on Sorghum, (ICRISAT), 2nd 7 November 1981.* L.K. Mughogho, J.M. Peacock, and L.R. House.(Eds.): International Crops Research Institute for the SemiArid Tropics. 421”434. Patancheru, A.P. ICRISAT. India.
- 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.
- 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.
- 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 Entomolgi Indonesia V dan Simposium Etomologi.* p.230-233.
- Pedersen, J.F., H.F. Kaepler, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Samuel, C. Litzenger. 1974. Guide for field crops in the tropics and the sub tropics. Office of Agriculture Technical Assistance Bureau Agency for International Development Washington DC. 20523.grain sorghum. College of Agriculture, University of Kentucky.
- Sawargaonkar, M. D. Patil, S. P. Wani, E. Pavani, B. V. S. R. Reddy, S. Marimuthu, 2013. "Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars", *Field Crops Research* 149 (2013) 245 - 251.
- 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.
- 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. *Stigma* XII (1) : 88 - 91
- Suarni dan H. Subagio. 2013. Prospek pengembangan jagung dan sorgum sebagai sumber pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan 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 I.U. Firmansyah. 2012. Potensi sorgum sebagai bahan substitusi beras dan terigu dalam diversifikasi pangan. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Pangan dan diversifikasi Pangan. Balitsereal. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 598-605.
- Suarni dan U. Ubbe. 2005. Perbaikan kandungan nutrisi dan sifat fisikokimia tepung sorgum dengan enzimatis (α -amilase) dari kecambah kacang hijau. hlm. 92-95. Prosiding Seminar Nasional Kimia Univ. Tadulako dengan Forum Kerjasama Kimia KTI.
- Suarni, 2004. Evaluasi sifat fisik dan kandungan kimia sorgum setelah penyosohan. Jurnal
- Suarni, A. Suliastyningrum dan M. Aqil. 2019. Teknologi penyimpanan sorgum dalam bentuk malai. Laporan Hasil Penelitian 2019.
- Suarni. 20016. Peranan sifat fisikokimia sorgum dalam diversifikasi pangan dan industry serta prospek pengembangannya. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 33(3):99-110.
- Suarni. 2004. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 23(4):145-151.
- Suarni. 2005. Pemanfaatan tepung sorgum untuk produk olahan. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Pengembangan Pertanian 23(4):145-151.
- Suarni. 2009. Pemanfaatan bumbu spekek untuk menekan rasa sepat olahan kue kering berbasis tepung sorgum. hlm. 262-269. Prosiding Simposium Teknologi Inovatif Pascapanen II. BBPascapanen Bogor.
- Suparti, A. Asngad dan Chalimah. 2012. Uji kualitas dan kuantitas produksi bioetanol batang tanaman sweet sorgum varietas CTY33 dan Numbu skala laboratorium.

- Tjahyadi, C. B.D. Sofiah, T.M., Anas dan D. Pratiwi. 2011. Pengaruh imbangan tepung sorgum genotype 1.1 yang diperoleh dari lamanya penyosohan dan tepung terigu terhadap karakteristik inderawi stik bawang. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* 13(2):177-187.
- 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.
- Uchino, T. Watanabe, K. Ramu, K. L. Sahrawat, S. Marimuthu, S. P. Wani, O. Ito, 2013. Effects of nitrogen application on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the semi-arid tropical Zone of India, *Japan Agricultural Research Quarterly* 47 (2013) 65 – 73
Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diakses 2 September 2014.
- Vanderlip, R.L. 1993. How a grain sorghum plant develops. Kansas State University.
- 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.
- Widowati, S., R. Nurjanah dan W. Amrinola. 2010. Proses pembuatan dan karakterisasi nasi sorgum instan. hlm. 17-23. Prosiding Seminar Nasional Pekan Serealia Nasional. Balitsereal. Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Yasman 2010. Produktivitas biomassa dan gula dari sorgum manis sebagai bahan fermentasi bioethanol. Laporan Penelitian Hibah Pascasarjana IPB.