

Petunjuk Teknis

Budidaya Sorgum

di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal

Petunjuk Teknis Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal



Petunjuk Teknis

Budidaya Sorgum

di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal

The Project for Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (*Imperata cylindrica*) Fields (2016-2022)

Pertanian

eISBN : 978-623-467-003-5



9 786234 670035

Pertanian

ISBN : 978-623-467-002-8



9 786234 670028



PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251-8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id

IPB Press Penerbit IPB Press ipbpress.com





Petunjuk Teknis

Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal

PROYEK SATREPS 2016-2022

The Project for Producing Biomass Energy and Material through
Revegetation of Alang-alang (*Imperata cylindrica*) Fields



Petunjuk Teknis

Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal

Kontributor:

Reni Lestari | Satya Nugroho | Kartika Ning Tyas | Mahat Magandhi
Arwan Sugiharto | I Made Sudiana | Sri Widawati | Suliasih
Indriati Ramadhani | Masrukhin | Arief Noor Rachmadyanto



Penerbit IPB Press
Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/03.2022

Judul Buku:

Petunjuk Teknis Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal

Penelaah:

Dr. Roy Efendi
Dr. Hakim Kurniawan

Editor:

Reni Lestari | Kartika Ning Tyas
Siti Roosita Ariati | Arief Noor Rachmadiyanto

Kontributor:

Reni Lestari | Satya Nugroho | Kartika Ning Tyas | Mahat Magandhi
Arwan Sugiharto | I Made Sudiana | Sri Widawati | Suliasih
Indriati Ramadhani | Masrukhin | Arief Noor Rachmadiyanto

Kontributor Foto:

Kartika Ning Tyas | Reni Lestari | Arwan Sugiharto | Sri Widawati | Dinihari
Milda | Fina | I Made Sudiana | Mahat Magandhi | Sukendar | Enggal Primananda

Korektor:

Atika Mayang Sari

Desain Sampul & Penata Isi:

Arief Noor Rachmadiyanto & Muhamar Alwedi

Jumlah Halaman:

116 + 16 hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Maret 2022

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id
www.ipbpress.com

ISBN : 978-623-467-002-8
e-ISBN : 978-623-467-003-5 (PDF)

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2022, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, berkat Rahmat-Nya sehingga penulisan Buku dengan judul “Petunjuk Teknis Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal” telah dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penerbitan buku ini, khususnya kepada Japan International Cooperation Agency (JICA), serta para pimpinan di Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Hayati, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Buku ini merupakan salah satu capaian dari kegiatan Proyek Kerjasama Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) antara Kyoto University dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang berlangsung sejak tahun 2016 sampai dengan 2022 dengan judul “Project for Producing Biomass Energy and Material Through Revegetation of Alang-alang (*Imperata cylindrica*) Field”. Melalui kegiatan Proyek SATREPS ini diharapkan akan dikembangkan teknologi yang mampu mengubah lahan alang-alang/lahan marginal menjadi areal yang lebih produktif. Di lahan yang produktif tersebut diharapkan akan menghasilkan dan juga memanfaatkan biomassa untuk produksi energi dan material terbarukan yang ramah lingkungan.

Tanaman sorgum terpilih karena mampu tumbuh di lahan kering ataupun kurang subur, serta dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk pangan tetapi juga untuk pakan, energi dan bahan industri. Tanaman ini bisa dibudidayakan secara *intercropping system* dengan tanaman lainnya termasuk tanaman revegetasi yang memiliki nilai ekonomi maupun merupakan tanaman langka serta bisa beradaptasi dengan kondisi lahan yang akan dimanfaatkan tersebut.



Akhir kata, tim penulis berharap buku petunjuk teknis ini bisa bermanfaat bagi para pembacanya. Penulis juga memohon masukan dan saran jika masih ada kekurangan yang perlu ditambahkan untuk kesempurnaan buku ini. Terima kasih.

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar.....	xi
Pendahuluan	3
Bab 1 MANFAAT TANAMAN SORGUM DAN PEMILIHAN VARIETAS	9
Sorgum sebagai bahan pangan dan minuman	11
Sorgum sebagai bahan pakan ternak	13
Sorgum sebagai bahan baku industri	14
Bioethanol.....	15
Lignin 16	
Sebagai bahan baku industri lainnya.....	21
Daftar Pustaka	21
Bab 2 PERSIAPAN LAHAN DAN PEMBUDIDAYAAN TANAMAN SORGUM	25
Lokasi budidaya	25
Penyiapan lahan	26
Budidaya tanaman	27
Daftar Pustaka	33
Bab 3 JENIS DAN DOSIS PUPUK PADA TANAMAN SORGUM.....	37
Pemupukan anorganik	38
Pemupukan organik	41
Pemberian kapur	43
Daftar Pustaka	43



Bab 4	PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT	47
	Pengendalian hama.....	47
	Pengendalian penyakit	53
	Daftar Pustaka	58
Bab 5	GEJALA KEKURANGAN HARA DAN CARA MEMPERBAIKINYA PADA TANAMAN SORGUM.....	63
	Diagnosa kekurangan dan kelebihan hara.....	63
	Cara memperbaiki kekurangan hara	74
	Daftar Pustaka	75
Bab 6	PERAN PUPUK HAYATI UNTUK MENDUKUNG PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN SORGUM.....	79
	Peran Bahan Pembawa (<i>Carrier Mikrob</i>) dalam Mendukung Keberhasilan Pemanfaatan Mikroba.....	79
	Daftar Pustaka	96
	Prosedur Pengambilan Sampel, Isolasi, Purifikasi, dan Pembuatan Pupuk (Inokulan).....	97
	Daftar Pustaka	101
	Produksi Inokulum Arbuskula sebagai Pupuk Hayati	102
	Metode produksi masal mikoriza arbuskula (MA).....	103
	Daftar Pustaka	109
Bab 7	PENUTUP.....	113

Daftar Tabel

Tabel 1.	Varietas sorgum yang telah dilepas dengan umur panen dan potensi hasil	10
Tabel 2.	Produktivitas biomassa segar (ton/ha) beberapa aksesori sorgum manis yang ditanam di KP Bajeng pada tahun 2013	17
Tabel 3.	Data produktivitas dari 30 varietas sorgum di Cibinong, Bogor pada 2018	18
Tabel 4.	Rata-rata kandungan total lignin 30 aksesori sorgum (% <i>Cell Wall Residue</i>)	20
Tabel 5.	Pemupukan Nitrogen (N) pada tanaman sorgum berdasar target hasil yang dituju dan kandungan bahan organik pada tanah	40
Tabel 6.	Pemupukan fosfor (P) pada tanaman sorgum berdasarkan target hasil yang dituju	40
Tabel 7.	Pemupukan Kalium (K) pada tanaman sorgum berdasarkan target hasil yang dituju	40



Daftar Gambar

- Gambar 1. Karakterisasi fenotipe aksesi sorgum untuk berbagai sifat unggul di Cibinong Science Center Botanical Garden (CSC-BG)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) (2018).....17
- Gambar 2. Seleksi sorgum mutan dengan kandungan lignin tinggi dan biomassa tinggi di Kebun Percobaan Citayam, Kementerian Pertanian (2021).....19
- Gambar 3. Lahan untuk budidaya sorgum. A. Lahan alang-alang terbuka; B. Lahan alang-alang di antara vegetasi.....25
- Gambar 4. Pengolahan tanah dengan traktor tangan pada lahan untuk budidaya sorgum26
- Gambar 5. Lahan yang siap ditanami sorgum.....27
- Gambar 6. Biji-biji sorgum. A. Benih dari Balai Penelitian Tanaman Serealia; B. Biji dengan sekam; C. Biji tanpa sekam; D. Hama pada benih sorgum.....28
- Gambar 7. A. Sorgum ditanam dengan jarak tanam sesuai tujuan budidaya; B. Benih sorgum diberi insektisida.29
- Gambar 8. Tanaman sorgum yang baru tumbuh29
- Gambar 9. Tanaman sorgum menjelang berbunga.30
- Gambar 10. Tanaman sorgum yang rebah terkena angin31
- Gambar 11. Kegiatan pemanenan sorgum. A. Malai dikumpulkan; B. Batang dibersihkan; C. Malai dijemur; D. Sorgum yang siap diolah.33



Gambar 12. A. Pemupukan pada lubang-lubang di samping tanaman sorgum, B. Pemupukan dengan membuat larikan di samping tanaman sorgum, C. Pupuk anorganik pada lubang di samping benih-benih yang ditanam	41
Gambar 13. Pemberian pupuk organik pada lahan yang akan ditanami sorgum	42
Gambar 14. Lalat bibit sorgum (<i>Atherigona varia soccata</i> Rond.)	48
Gambar 15. Penggerek batang sorgum (<i>Busseola fusca</i> Fuller)	49
Gambar 16. Kepik hijau pengisap malai (<i>Nezara viridula</i>)	50
Gambar 17. Burung Emprit	51
Gambar 18. Kutu pada tebu/ <i>sugarcane aphid</i> (<i>Melanaphis sacchari</i>)	52
Gambar 19. Penyakit Antraknosa	54
Gambar 20. Penyakit bercak daun <i>Exerochilum turcicum</i>	55
Gambar 21. Penyakit karat daun (<i>Puccinia purpurea</i>)	56
Gambar 22. Penyakit busuk batang <i>Fusarium</i> sp.	57
Gambar 23. Gejala kekurangan berbagai unsur hara pada daun	64
Gambar 24. Gejala kekurangan unsur Nitrogen	65
Gambar 25. Gejala kekurangan unsur Fosfor	66
Gambar 26. Gejala kekurangan unsur Kalium	67
Gambar 27. Gejala kekurangan unsur Magnesium	68
Gambar 28. Gejala salinitas	69
Gambar 29. Gejala kekurangan unsur Kalsium	70
Gambar 30. Gejala kekurangan unsur Sulfur	70
Gambar 31. Gejala kekurangan unsur Besi	71
Gambar 32. Gejala kekurangan unsur Tembaga	71



Gambar 33. Gejala kekurangan unsur Seng	72
Gambar 34. Gejala kekurangan unsur Mangan	73
Gambar 35. Gejala kekurangan unsur Boron	73
Gambar 36. Beras tidak layak konsumsi bisa dijadikan media perbanyak kapang sekaligus berfungsi sebagai bahan pembawa	81
Gambar 37. Daerah kering, memerlukan bahan pembawa yang tepat yang dapat sebagai biofertiliser maupun fermentasi hijauan pakan ternak	82
Gambar 38. Hidrogel sebagai bahan pembawa yang mampu menyimpan air. Akar tanaman jagung akan bertumpu pada hidrogel untuk mengatasi kondisi lingkungan yang kering.....	83
Gambar 39. Pemberian inokulan mikroba yang diformulasikan dengan bahan pembawa yang tepat dapat mempercepat proses perkecambahan biji.....	83
Gambar 40. Aplikasi mikroba fungsional dengan komposisi bahan pembawa yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pangan maupun tanaman keras. Tanaman jagung dan jati emas pada usia tanam yang hampir sama (3 bulan) dapat memiliki tinggi yang sama.....	84
Gambar 41. Perbanyak sederhana <i>Aspergillus niger</i> untuk menghasilkan spora dengan media padat (A) dan hifa dengan media cair (B)	85
Gambar 42. Pemanfaatan bahan mineral zeolit sebagai bahan pembawa mikroba untuk tanaman sorgum, di mana akar tanaman akan melekat pada zeolit terutama dalam kondisi stres air	86
Gambar 43. Tablet merupakan salah satu formulasi mikroba dan bahan pembawa dalam bentuk padat.	88



- Gambar 44. Pencampuran inokulan mikroba fungsional dengan bahan pembawa padat, dapat dilakukan secara mekanik/mesin (A) atau manual (B)89
- Gambar 45. Mikroba fungsional yang dikemas dalam bentuk cair, padat serta tablet.....90
- Gambar 46. Pencampuran formula inokulan berbahan carrier zeolit dengan kompos.....92
- Gambar 47. Pemberian bahan pembawa bentonit pada permukaan dan dalam jumlah yang berlebih dapat menghambat infiltrasi air ke dalam tanah93
- Gambar 48. Aplikasi mikroba fungsional berbahan biocarrier zeolit dan kompos terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman sorgum93
- Gambar 49. Pemberian mikroba fungsional yang diformulasikan dengan bahan pembawa akan mampu merangsang pertumbuhan tunas baru dan pembentukan bunga.....94
- Gambar 50. Penggunaan bahan pembawa mikroba yang tepat pada tanaman jagung akan dapat membantu tanaman dalam mengatasi lingkungan tercekam kering.....95
- Gambar 51. Pengambilan sampel di (A) Ekosistem salin: ladang dan sawah pesisir pantai, mangrove zona payau dan tengah, (B) Ekosistem asam: Gambut kering, gambut basah, pegunungan, kolam pembuangan limbah sawit, (C) Bintil akar dan ekosistem tanah subur97
- Gambar 52. *Rhizobium* (A), *Azotobacter* (B), *Azospirillum* (C), dan bakteri pelarut fosfat yang diindikasikan dengan zona bening disekeliling koloni bakteri (D, E)98



- Gambar 53. Karakterisasi bakteri A. Aktivitas nitrogenase (diindikasikan dengan cincin putih), B. Analisa IAA (diindikasikan dengan warna pink), C. Analisis ACC-deaminase (diindikasikan dengan tumbuhnya koloni di media DF+ACC) (C), D. Analisa fosfatase (diindikasikan dengan warna biru), E. Analisis siderofor (diindikasikan dengan koloni bakteri yang berwarna kuning), F. Analisis selulose (diindikasikan dengan zona bening di sekeliling koloni bakteri)99
- Gambar 54. Inokulan cair dan uji efektivitas inokulan cair pada perkecambahan99
- Gambar 55. Berbagai bentuk formulasi mikroba. A. Mikroba biofertilizer, B. Inokulan padat, C. Inokulan cair, D. Inokulan bentuk granul100
- Gambar 56. Produksi inokulum MA dengan menggunakan metoda kultur pot. Perbanyak spora MA dengan tanaman sorgum sebagai tanaman inang menggunakan media tanam zeolit108





Sorghum bicolor (L.) Moench





Pendahuluan

Sorgum adalah tanaman pangan serealia terpenting kelima di dunia setelah padi, gandum, jagung dan barley. Karena toleransinya terhadap tekanan cuaca dan mampu tumbuh dengan baik di daerah yang kering maka di daerah Semi-Arid Tropik di Afrika, Asia dan Amerika Latin sorgum umum ditanam dan bahkan merupakan sumber pangan utama.

Menurut data dari FAO negara produsen sorgum terbesar di dunia (2019) adalah Amerika Serikat (8,7 juta ton) diikuti Nigeria (6,7 juta ton) kemudian Ethiopia (5,3 juta ton) dan Mexico (4,4 juta ton). Negara Asia produsen sorgum terbanyak adalah China (3,6 juta ton) dan India (3,5 juta ton). Di Amerika Serikat, sorgum sebagian besar dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sementara di berbagai negara seperti di Afrika, Amerika Tengah, dan Asia sorgum dimanfaatkan sebagai sumber bahan pangan. Indonesia tidak terdata sebagai negara produsen sorgum, menurut FAO, kemungkinan karena produksinya yang tidak signifikan.

Namun meskipun baik dari sisi luas area pertanaman maupun dari produksi termasuk sedikit, di Indonesia sorgum sudah lama dibudidayakan. Bahkan akhir-akhir ini sorgum mulai banyak dikenal masyarakat umum. Sama halnya di negara lain, umumnya di Indonesia petani membudidayakan spesies *Sorghum bicolor* (Moench), Sorgum berasal dari Afrika. Sorgum ini diduga pertama kali dibawa ke Indonesia oleh orang Belanda sekitar tahun 1925, dan disebarkan ke daerah rawan kekeringan sebagai komoditas pangan alternatif dalam menghadapi paceklik. Ada juga pendapat yang menyatakan bahwa sorgum masuk ke Indonesia sebelum abad ke-8 melalui pedagang dari India dan menyebar serta beradaptasi di Indonesia, terutama di daerah kering.



Tahun 1973 hingga 1994 menurut Data Biro Pusat Statistik, sorgum banyak dibudidayakan di daerah Jawa Tengah (Demak, Wonogiri, Gunung Kidul), Selayar, Sumbawa, dan Timor. Akan tetapi mulai tahun 1970-an, kemungkinan karena kebutuhan beras dapat tercukupi sebagai dampak penerapan teknologi revolusi hijau maka areal tanam sorgum menurun. Setelah itu, peranan sorgum sebagai bahan pangan mulai berkurang dan lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan pakan. Di Pulau Rote sorgum yang dikenal sebagai Jagung Rote, masih digunakan sebagai salah satu sumber pangan lokal utama. Tahun 2012 tanaman sorgum juga telah ditanam di Sulawesi dan Kawasan Nusa Tenggara lainnya.

Dengan kejadian pemanasan global yang berdampak terhadap perubahan iklim dengan cuaca yang sulit diprediksi dengan musim panas yang berkepanjangan dan musim hujan tidak menentu maka sorgum menjadi semakin populer. Sorgum, selain sebagai komoditas multiguna, juga dikenal sebagai tanaman yang sangat toleran terhadap kekeringan, kondisi lahan kurang subur, toksisitas tanah, suhu dan ketinggian ekstrem, sehingga mudah untuk di budidayakan di daerah yang kering/marginal. Selain itu sorgum juga dikenal dengan budidayanya yang mudah dengan biaya yang relatif murah dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibandingkan dengan serealia lainnya, sehingga risiko gagal relatif kecil.

Budidaya paada lahan marginal yang ditumbuhi alang-alang diperlukan teknik pembersihan atau pemberantasan alang-alang. Teknik yang dilakukan oleh para petani yang akan melakukan pembersihan alang-alang sangat tergantung dengan kesediaan modal. Pembersihan alang-alang bisa dilakukan secara manual, dengan menggunakan herbisida maupun secara mekanis. Para petani yang modalnya kecil pada umumnya membersihkan alang-alang secara manual, sedangkan petani dengan modal cukup akan menggunakan herbisida atau dengan cara mekanis. Pembersihan alang-alang dengan cara pembakaran harus diwaspadai. Hal ini karena api dapat merambat ke luar lokasi sasaran, lebih-lebih pada musim kemarau dan angin bertiup kencang. Penggunaan herbisida, sebaiknya digunakan seminimal mungkin, dikarenakan bisa menimbulkan



efek buruk bagi lingkungan sekitarnya. Jika penyemprotan herbisida dilakukan di lahan berlereng akan dapat menimbulkan erosi, karena lahan menjadi bersih total.

Budidaya tanaman sorgum di lahan kurang produktif seperti lahan alang-alang ataupun lahan marginal bisa dilakukan dengan sistem intercropping dengan tanaman lain, baik itu tanaman semusim maupun tanaman tahunan. Tanaman intercropping yang dipilih sebaiknya disesuaikan dengan kondisi dan iklim lokasi lahan. Dengan demikian diharapkan tanaman intercropping tersebut akan menambah produktivitas lahan di samping hasil produk dari tanaman sorgum saja.

Buku dengan judul “Petunjuk Teknis Budidaya Sorgum di Lahan Alang-alang atau Lahan Marginal” ini, menyampaikan varietas-varietas sorgum yang sudah dilepas Kementerian Pertanian Indonesia serta manfaat utama produk sorgumnya, teknis membuka atau mengolah lahan, membudidayakan sorgum, memupuk tanaman baik organik/hayati maupun anorganik, mengendalikan hama dan penyakit tanaman, serta mengenal gejala tanaman jika kekurangan unsur hara serta penanganannya. Khusus mengenai pemupukan hayati, akan dijabarkan lebih detail terutama perannya dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman sorgum. Pupuk hayati tersebut akan memanfaatkan mikroba serta bahan pembawa mikrobanya.

Buku ini terbagi menjadi 7 Bab dengan rincian materi pada masing-masing Bab sebagai berikut:

1. Bab 1 menjelaskan berbagai manfaat sorgum dan pemilihan varietas sorgum yang sesuai dengan tujuan budidayanya;
2. Bab 2 menyampaikan bagaimana menyiapkan lahan, cara mengelola dan membudidayakan tanaman sorgum;
3. Bab 3 memaparkan macam-macam pupuk dan dosis pemupukan dalam budidaya sorgum;
4. Bab 4 menyampaikan cara pengendalian hama dan penyakit;
5. Bab 5 menjelaskan mengenai gejala kekurangan nutrisi dan cara memperbaikinya dalam membudidayakan tanaman sorgum;



6. Bab 6 menyampaikan mengenai peran pupuk hayati untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman sorgum. Bab ini terbagi menjadi 3 Sub Bab yang masing-masing menjelaskan lebih rinci lagi sebagai berikut:
 - a. Sub Bab 1 menjelaskan peran bahan pembawa mikroba dalam mendukung keberhasilan pemanfaatan mikroba termasuk untuk budidaya tanaman;
 - b. Sub Bab 2 memaparkan cara kerja inokulum mikoriza sebagai pupuk hayati;
 - c. Sub Bab 3 menjelaskan bagaimana cara memproduksi inokulum mikoriza yang akan digunakan dan sangat bermanfaat pada budidaya sorgum khususnya di lahan marginal.
7. Bab 7 Penutup yang memaparkan kesimpulan dari keseluruhan materi buku







Bab 1

MANFAAT TANAMAN SORGUM DAN PEMILIHAN VARIETAS

Satya Nugroho

Pusat Riset Bioteknologi-BRIN

Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46, Cibinong, Bogor 16911, Indonesia

E-mail: satya.nugroho@brin.go.id

Marga Sorgum terdiri dari kurang lebih 22 spesies, namun *Sorghum bicolor* (L.) Moench adalah spesies yang paling banyak dibudidayakan di dunia termasuk di Indonesia. Sebagai salah satu keluarga serealia yang multiguna, sorgum dapat dibudidayakan untuk berbagai keperluan, antara lain sebagai bahan pangan dan minuman (biji dan tepung, sirup), bahan pakan ternak (biji, daun dan batang) dan bahan baku industri (nira dan biomassa). Di beberapa negara seperti Serbia, Meksiko, dan Sri Lanka malai sisa panen sorgum juga dimanfaatkan untuk membuat sapu.

Seiring dengan upaya antisipasi krisis pangan dan fenomena krisis energi yang akhir-akhir ini terjadi, popularitas sorgum mulai naik. Hal ini dikarenakan sorgum dapat berperan ganda, selain sebagai sumber bahan pangan maupun pakan juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioenergi. Potensi sorgum dapat dimaksimalkan oleh pemulia melalui upaya mendapatkan varietas sorgum baru yang unggul untuk berbagai aplikasi tidak hanya sebagai sumber bahan baku energi akan tetapi juga sumber pangan dan pakan dengan produktivitas yang tinggi, serta kelebihan lainnya.



Perkembangan penelitian dan pemuliaan sorgum menunjukkan bahwa sorgum dapat menjadi alternatif sumber biomassa selain kayu. Produksi biomassa sorgum diperkirakan dapat mencapai 100 ton/ha/tahun dibandingkan kayu akasia yang sekitar 30 ton/ha/tahun dengan kandungan lignin sedang. Selain produksi biomassa yang tinggi, kandungan lignin yang tinggi sebagai salah satu komponen dinding sel, biomassa sorgum juga menjadi perhatian dalam pengembangan sorgum sebagai bahan baku briket arang maupun aplikasi lainnya.

Di Indonesia, pengembangan sorgum umumnya mempertimbangkan aspek multiguna dari sorgum sebagai bahan pangan, pakan sekaligus energi. Varietas yang dilepas biasanya menonjolkan salah satu atau bahkan ketiga aspek manfaat tersebut. Meskipun memiliki kesamaan cara pembudidayaannya, pemilihan varietas sorgum yang tepat dan sesuai untuk tujuan yang diinginkan sangat penting dilakukan sebelum melakukan penanaman pada suatu daerah. Beberapa varietas sorgum yang telah dilepas hingga tahun 2001 terdapat pada Tabel 1 (Kementerian Pertanian 2013). Setelah itu beberapa varietas sorgum yang lebih baru juga telah dilepas oleh Kementerian Pertanian (Tabel 1) seperti Suri1, Suri 2, Pahat, Samurai 1, Samurai 2, Super 1, Super 2, Suri 3 Agritan, Suri 4 Agritan, Super 6 Agritan, Sopern 6 (Arvan dan Aqil, 2020), serta varietas Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan, dan Bioguma 3 Agritan 3 (Kementerian Pertanian 2021).

Tabel 1. Varietas sorgum yang telah dilepas dengan umur panen dan potensi hasil

Varietas	Dilepas (tahun)	Umur panen (hari setelah tanam)	Potensi Hasil (ton/ha)
Cempaka	Sebelum 1960	105	3,5
Birdproof	Sebelum 1960	105	3,5
Katengu	Sebelum 1960	105	3,0
No. 46	1967	105	4,0
No. 6 C	1969	105	4,5
UPCA-S2	1972	105	4,5
UPCA-S1	1972	95	4,0
KD4	1973	95	4,0



Tabel 1. Varietas sorgum yang telah dilepas dengan umur panen dan potensi hasil (lanjutan)

Varietas	Dilepas (tahun)	Umur panen (hari setelah tanam)	Potensi Hasil (ton/ha)
Keris	1983	80	3,0
Badik	1985	83	3,0
Hegari Genjah	1985	85	3,7
Mandau	1991	91	4,5
Sangkur	1991	92	3,8
Numbu	2001	100	4,7
Kawali	2001	105	4,7
Super 1	2013	110	5,7
Super 2	2013	115	6,3
Suri 3 Agritan	2014	95	6,0
Suri 4 Agritan	2014	95	5,7
Super 6 Agritan	2015	110	6,19
Soper 6	2019	111	6,0
Bioguma 1 Agritan	2019	-	9,26
Bioguma 2 Agritan	2019	-	9,33
Bioguma 3 Agritan	2019	-	8,33

Sumber: Kementerian Pertanian (2013 dan 2021), Arvan dan Aqil (2020)

Sorgum sebagai bahan pangan dan minuman

Sorgum telah digunakan sebagai bahan pangan selama berabad-abad terutama di Afrika, sebagai daerah asal sorgum, dan beberapa daerah lainnya di Amerika Tengah dan Asia Selatan. Sorgum sangat sesuai dibudidayakan di Afrika karena daya adaptasinya yang tinggi di lahan kering dibanding tanaman sereal lainnya. Di Afrika saat ini sorgum merupakan bahan pangan kedua terpenting setelah jagung dan dikenal sebagai *the grain of 21st century Africa*. Di sana sorgum diproses menjadi berbagai makanan tradisional yang menarik dan bernilai gizi tinggi seperti roti, bubur, *couscous* dan *dumpling*. Biji sorgum juga dapat dikonsumsi sebagai beras. Saat ini produk makanan instan berbasis sorgum juga telah tersedia seperti bubur dan *malt* instan.



Karena kandungan nilai gizinya yang tinggi dan nilai indeks glikemik yang tergolong menengah rendah menjadikan sorgum sebagai bahan pangan favorit para penderita diabetes dan orang-orang yang menginginkan makanan yang lebih sehat, akhir-akhir ini. Sorgum juga digolongkan sebagai makanan yang bebas gluten/*gluten-free*, sehingga sangat baik bagi para pengidap alergi gluten dan juga baik bagi sistem metabolisme tubuh. Kandungan nilai gizi sorgum tidak kalah bahkan lebih baik dari jagung maupun beras. Kandungan protein sorgum berkisar 9,5% atau lebih sementara jagung 8,7% dan beras 6,8%. Kandungan kalsium biji sorgum juga tinggi lebih tinggi (28 mg/100 g biji) dibandingkan jagung (9 mg/100 gr) dan beras (6 mg/100 g) (Staughton 2021). Kandungan serat tidak larut air atau serat kasar dan serat pangan sorgum masing-masing sebesar 6,5% - 7,9% dan 1,1% - 1,23%. Sementara kandungan pati sorgum sebesar 80,42%, sedangkan pada jagung 79,95%.

Saat ini di Indonesia beraneka ragam makanan berbahan dasar sorgum juga semakin banyak ditemui selain beras sorgum, mulai dari makanan kecil berbasis tepung sorgum hingga kue dan mi. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa sorgum memiliki kandungan yang mampu mencegah kejadian penyakit kronis pada manusia seperti obesitas, diabetes, *atherosclerosis*, kanker dan peradangan (Amarakoon *et al.* 2021). Sorgum juga memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dan diduga berperan dalam pencegahan kanker sehingga pada populasi yang mengonsumsi sorgum, kejadian kanker sangat rendah (Cox *et al.* 2019; Lee *et al.* 2020). Kandungan gluten sorgum yang rendah merupakan keunggulan dari sorgum, namun hal ini juga menjadi kendala dalam memasyarakatkan sorgum di Indonesia karena menyebabkan makanan berbasis tepung sorgum tidak selentur dan selembut seperti yang dihasilkan dari tepung terigu.

Selain bijinya, nira batang sorgum jenis sorgum manis/*sweet sorgum* juga dapat dimanfaatkan untuk membuat gula cair untuk menggantikan gula tebu, madu maupun sirup jagung/*corn syrup*. Nira sorgum juga dapat dimanfaatkan untuk membuat minuman tradisional beralkohol di



beberapa negara Afrika, China dan Amerika (*whiskey* dan rum). *Sweet sorgum* pernah menjadi pemanis makanan utama di Amerika Serikat dan sekarang dikenal menghasilkan pemanis alternatif yang menyehatkan.

Sorgum yang sering dimanfaatkan bijinya sebagai bahan pangan adalah sorgum yang dikategorikan sebagai *grain sorgum*. *Grain sorgum* memiliki tangkai bunga yang tinggi dan malai yang kompak dan dipenuhi dengan biji sorgum. Kebanyakan sorgum yang dimuliakan di Indonesia ditujukan untuk keperluan pangan. Sebagai contoh varietas-varietas sorgum yang telah dilepas dan diperuntukkan untuk keperluan pangan seperti Suri 3, Suri 4, Kawali, Numbu, Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 (Tabel 1). Selanjutnya adalah varietas yang lebih baru seperti Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan dan Bioguma 3 Agritan yang dilepas pada tahun 2019 (Tabel 1). Biji sorgum varietas ini dapat dimanfaatkan untuk bahan makanan dalam bentuk biji sebagai pengganti beras maupun tepung. *Grain sorgum* memiliki produktivitas biji yang tinggi. Dari deskripsi varietas yang diterbitkan oleh Kementerian Pertanian pada tahun 2013, dapat dilihat bahwa potensi hasil Kawali dan Numbu berkisar 4-5 ton/ha, sementara Samurai 1, Samurai 2 dan Pahat yang merupakan varietas yang lebih baru dan dilepas pada tahun 2013-2014 memiliki potensi hasil sekitar 5-6 ton/ha. Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan dan Bioguma 3 Agritan memiliki potensi hasil tinggi bahkan mencapai 9,5 ton/ha (Kementerian Pertanian 2021).

Sorgum sebagai bahan pakan ternak

Sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan atau campuran pakan ternak. Biji, batang dan daun sorgum bernilai gizi tinggi dan setara dengan jagung sebagai bahan pakan. Di berbagai negara seperti Amerika Serikat dan Australia sebagian besar sorgum yang ditanam diperuntukkan untuk bahan pakan ternak, seperti sapi, babi dan ayam. Berdasarkan pada laporan (GRDC 2017), semua sorgum yang ditanam di Australia adalah untuk pakan. Di Australia, setiap tahun, sorgum ditanam di New South Wales (sekitar 160.000 ha) dan Queensland (sekitar 470.000 ha). Perkiraan produksi per tahun sebesar 2 ton/ha, karena banyaknya kendala



cekaman lingkungan yang sangat berat terutama keterbatasan air yang sangat berpengaruh terhadap produksi. Australia telah melakukan ekspor pakan ternak berbasis sorgum ke Jepang sekitar 300-500 kilo ton.

Di Amerika Serikat, pada tahun 2020, sorgum ditanam di area seluas 2,3 juta ha di 21 negara bagian dengan area terluas di Kansas (3 juta ha), Texas (1,8 juta ha), Colorado (370.000 ha), Oklahoma (305.000 ha) dan South Dakota (210.000 ha) dengan total produksi sekitar 12 juta ton (United Sorghum Checkoff Program 2021) Kurang lebih sebanyak 11 juta ton diekspor ke berbagai negara, di antaranya China (81%), Jepang dan Meksiko, sebagai bahan pakan, dengan nilai ekspor mencapai US\$ 1,68 milyar. Biomassa semua varietas sorgum baik biji, batang maupun daun pada dasarnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak atau campuran pakan ternak. Jenis sorgum ada yang khusus dikembangkan untuk rumput pakan ternak yang disebut sebagai sorgum pakan ternak (*forage sorgum*) yang bisa dimanfaatkan untuk ditanam di padang penggembalaan (*grazing pasture*) maupun silase dan hijauan ternak. Di Indonesia, ditemukan pula spesies lokal sorgum Indonesia, yang juga ditemukan di Australia, yaitu *Sorghum timorense* (Kunth) Büse ex de Vriese yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak di NTT. Sorgum varietas Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan, Bioguma 3 Agritan selain untuk produksi biji, dirancang untuk dapat juga dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Sorgum sebagai bahan baku industri

Selain sebagai bahan pangan dan pakan, sorgum (batang, daun dan biji) juga dapat digunakan dalam berbagai bidang industri. Di antaranya adalah sebagai sumber bahan energi cair/*biofuel* (*bioethanol*, *biodiesel*), gas (*biohydrogen*, *biogas*, dan *syngas*) dan padat (*biochar*/*bricket*). Sorgum juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam industri kesehatan dan obat-obatan (sorgum kaya sebagai sumber bahan *nutrasetikal* seperti antioksidan dan bahan penurun kolesterol) dan bahan serbaguna seperti bahan pengganti kayu untuk pembuatan papan partikel. Sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk memproduksi etanol yang dapat



dimanfaatkan sebagai bahan bakar *biofuel*. Dalam industri produksi etanol berbasis komoditas saat ini sorgum dapat dikatakan menduduki nomor 2 setelah jagung. Biomassa sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat kardus untuk pengepakan dan bahkan papan partikel menggantikan kayu yang saat ini banyak digunakan. Selain itu dengan nilai kalor yang cukup tinggi, biomassa sorgum juga dapat dimanfaatkan untuk bahan campuran pembuatan briket menggantikan arang yang dihasilkan dari kayu. Sorgum di Indonesia yang sudah dilepas, seperti varietas Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan, Bioguma 3 Agritan dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk bioenergi. Di samping varietas-varietas sorgum tersebut, terdapat sorgum yang merupakan tipe *Broom corn*, yang memiliki bentuk malai kekar, kaku dan mengembang. Sorgum tipe tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan sapu. Biji sorgum tipe tersebut juga dapat memiliki warna-warna yang lebih bervariasi mulai dari putih, merah muda, merah sampai hitam. Biji sorgum ini cenderung keras dan dapat dimanfaatkan untuk pakan unggas. Contoh aksesi sorgum bertipe *Broom corn* adalah KS, Sorgum Malai Mekar dan 1115C.

Bioetanol

Sorgum dari jenis yang memiliki nira kandungan gula tinggi pada batangnya terutama dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan etanol sebagai sumber energi alternatif. Sorgum jenis ini biasa dikenal sebagai *sweet sorgum*, atau sorgum manis yang khususnya dibudidayakan untuk dipanen dan dimanfaatkan niranya sebagai bahan baku untuk produksi *biofuel* berbasis etanol. Di Amerika Serikat, selain sebagai sumber pakan ternak, sorgum sudah mulai banyak ditanam untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbarukan berbasis tanaman yang saat ini masih didominasi jagung. Di Indonesia pengembangan sorgum banyak yang mempertimbangkan aspek multiguna dari sorgum sebagai bahan pangan dan sekaligus energi. Di antara varietas sorgum yang dapat dikategorikan sebagai *sweet sorgum* sebagai contoh adalah Super 1, Super 2 dan Watar Hamu Putih (yang merupakan tetua dari Super 1), Suri 4 yang



dikembangkan untuk dua tujuan yaitu sebagai bahan pangan dan sumber bahan baku untuk bioenergi. Menurut deskripsi varietas yang dikeluarkan oleh Kementerian Pertanian (Arvan dan Aqil 2020). Super 1 dan Super 2 memiliki potensi memproduksi etanol hingga sebanyak masing-masing 4.380 l/ha dan 3.941 l/ha. Sorgum varietas Bioguma 1 Agritan, Bioguma 2 Agritan, Bioguma 3 Agritan juga merupakan varietas berbatang manis yang bisa dimanfaatkan sebagai bioenergi.

Lignin

Sorgum dikembangkan untuk dipanen biomasanya dan disebut sebagai biomassa sorgum. Biomassa tersebut sangat potensial bahkan dapat mengalahkan tanaman industri penghasil kayu dalam hal produktivitasnya per tahun. Menurut perhitungan, setahun biomassa sorgum dapat mencapai 100 ton/ha/tahun dibandingkan kayu akasia yang sekitar 30 ton/ha/tahun (Umezawa, komunikasi pribadi). Hasil studi Magno (2013) menginformasikan bahwa kayu Akasia (*Acacia mangium*) mempunyai kandungan kimia lignin rata-rata 25,49 % dan termasuk ke dalam kelas sedang. Sehingga, biomassa sorgum dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri seperti sebagai bahan pengganti kayu dalam pembuatan kayu lapis atau papan partikel. Tanaman sorgum yang cenderung toleran cekaman dan budidayanya yang tidak sulit, menjadikan sorgum tanaman yang menarik untuk dimanfaatkan. Biomassa yang berasal dari sorgum untuk berbagai kebutuhan industri sebagai pengganti biomassa dari batang pohon lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Beberapa sorgum yang telah diketahui produktivitas biomasanya yang ditanam di KP Bajeng pada musim kering 1 tahun 2013, dapat dilihat pada Tabel 2 (Efendi *et al.* 2013; Kementerian Pertanian 2013). Sementara itu data produktivitas biomassa beberapa aksesori sorgum yang ditanam di Cibinong Science Center pada musim kemarau tahun 2018 disajikan pada Tabel 3 (Wahyuni *et al.* 2019).



Tabel 2. Produktivitas biomassa segar (ton/ha) beberapa aksesori sorgum manis yang ditanam di KP Bajeng pada tahun 2013

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



Gambar 1. Karakterisasi fenotipe aksesori sorgum untuk berbagai sifat unggul di Cibinong Science Center Botanical Garden (CSC-BG)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) (2018)



Tabel 3. Data produktivitas dari 30 varietas sorgum di Cibinong, Bogor pada 2018

Peringkat	Genotipe	Produktivitas Biomassa (ton/ha)
1	JP	94,1
2	WHP	82,4
3	181.73.	76,2
4	Super 1	75,8
5	4183 A	71,8
6	174.66.1.1	71,7
7	KLR	71,4
8	N6.1.1	68,5
9	Jagung rote	68,0
10	Samurai 2	67,8
11	Super 2	67,4
12	172.64.1.1	65,9
13	Suri 4	64,1
14	KS	62,7
15	1090 A	60,8
16	WHP 300	59,8
17	Samurai 1	56,5
18	Super 2-300	56,1
19	N6,1,2	55,4
20	1115C	54,3
21	Buleleng Empok	53,4
22	WR	52,1
23	Sorgum malai mekar	52,0
24	Numbu	51,7
25	Kawali	51,1
26	Suri 3	47,5
27	1503 A	44,7
28	15105 D	43,2
29	UPCA	43,0
30	Pahat	40,7

(Wahyuni *et al.* 2019).



Gambar 2. Seleksi sorgum mutan dengan kandungan lignin tinggi dan biomassa tinggi di Kebun Percobaan Citayam, Kementerian Pertanian (2021)

Selain sebagai papan partikel, biomassa sorgum sangat besar juga dapat dikembangkan menjadi *biochar/bricket* sebagai bahan bakar alternatif pengganti arang yang biasanya berasal dari limbah batang pohon atau Kaliandra. Untuk tersebut maka sorgum dengan biomassa tinggi dan kandungan lignin yang tinggi perlu di cari dan dikembangkan, karena lignin merupakan salah satu bahan penyusun dinding sel utama pada tanaman selain selulosa dan hemiselulosa yang memiliki nilai kalor (*calorific value*) tinggi. Nilai kalor dari selulosa dan hemiselulosa sekitar $18,6 \text{ kJ kg}^{-1}$, sementara lignin dengan komponen ligninnya memiliki nilai kalor lebih tinggi antara $23,2\text{--}25,6 \text{ kJ kg}^{-1}$. Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan lignin maka diharapkan sorgum menjadi bahan bakar yang lebih efisien. Tentu saja parameter untuk efisiensi pembakaran lainnya juga perlu diperhatikan dalam pengembangan biomassa sorgum sebagai bahan baku pembuatan briket arang. Beberapa varietas sorgum yang telah diketahui kandungan total ligninnya seperti tertera dalam Tabel 4. Karakter terkait kandungan total lignin diuji dengan menggunakan metode *thioglycolic acid lignin* (TGAL) (Suzuki *et al.* 2009). Informasi kandungan lignin total biomassa sorgum dapat digunakan dalam rangka pemilihan



jenis sorgum yang terbaik untuk kebutuhan pemanfaatan biomassa yang berbeda seperti pembuatan papan partikel, briket bahan bakar maupun untuk *bioethanol* dan lainnya. Saat ini sorgum dengan lignin tinggi dan biomassa tinggi sedang diupayakan untuk dikembangkan.

Tabel 4. Rata-rata kandungan total lignin 30 aksesi sorgum (% *Cell Wall Residue*)

No	Nama	Kandungan lignin
1	Pahat	14.35
2	JP-1	14.69
3	Jagung Rote	16.07
4	Buleleng Empok	16.16
5	Numbu	16.48
6	UPCA	16.55
7	KLR	16.69
8	N6.1.1	16.95
9	WHP 300gy	17.00
10	15105 D	17.28
11	1503 A	17.30
12	1115 C	17.60
13	WHP (Wattar hamu putih)	17.85
14	WR	17.91
15	181.73.1.1	18.02
16	Super 1	18.41
17	Kawali	18.42
18	Super 2 -300gy	18.44
19	Super 2	18.47
20	174.66	18.63
21	1090 A	18.64
22	Samurai 2	18.68
23	N6.1.2	18.82
24	172.64.1.1	18.95
25	Suri 4	19.23
26	Samurai 1	19.33
27	Suri 3	19.57
28	Sorgum malai mekar	19.71
29	4183 A	20.50
30	KS	22.89



Sebagai bahan baku industri lainnya

Selain sebagai sumber bahan pangan, pakan dan energi, sorgum juga telah dibuktikan menjadi sumber bahan baku untuk berbagai aplikasi, antara lain sebagai sumber suplemen bahan pangan dan pakan, bahan baku industri kesehatan dan obat-obatan, bahan molekul organik, dan lain-lain. Sorgum dilaporkan memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dibandingkan tanaman serealia lainnya sehingga dipercaya dapat menjadi sumber pangan sehat kandungan gizi tinggi. Potensi manfaat sorgum dalam berbagai bidang pangan, pakan dan industri kesehatan dan bahan baku obat juga telah disampaikan (Aruna & Visarada 2018).

Daftar Pustaka

- Amarakoon D, Lou Z, Lee WJ, Smolensky D, Lee SH. 2021. A mechanistic review: Potential chronic disease-preventive properties of sorgum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7). <https://doi.org/10.1002/jsfa.10933>.
- Aruna C, Visarada KBRS. 2018. Other industrial uses of sorgum. *Breeding Sorgum for Diverse End Uses*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00017-6>.
- Arvan RY, Aqil M. 2020. Deskripsi varietas unggul jagung, sorgum dan gandum. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Cox S, Noronha L, Herald T, Bean S, Lee SH, Perumal R, Wang W, Smolensky D. 2019. Evaluation of ethanol-based extraction conditions of sorgum bran bioactive compounds with downstream anti-proliferative properties in human cancer cells. *Heliyon*, 5(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01589>.
- Efendi, Aqil R, Pabendon M. 2013. Evaluasi genotipe sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench produksi biomas dan daya ratun tinggi. *Jurnal Tanaman Pangan*, 32.



- GRDC. 2017. *GRDC GrowNotes: Sorghum*. Grain Research and Development Corporation. <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grownotes/crop-agronomy/sorghumgrownotes>.
- Kementerian Pertanian. 2013. *Sorghum: inovasi teknologi dan pengembangan* (Sumarno, D. S. Damardjati, M. Syam, & Hermanto (eds.)). IAARD Press.
- Kementerian Pertanian. 2021. Komoditas pangan, sorgum. <https://www.litbang.pertanian.go.id/pangan/307/>
- Lee SH, Lee J, Herald T, Cox S, Noronha L, Perumal R, Lee HS, Smolensky D. 2020. Anticancer Activity of a novel high phenolic sorghum bran in human colon cancer cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. <https://doi.org/10.1155/2020/2890536>.
- Magno J. 2013. Analisa kandungan kimia lignin pada kayu akasia (*Acacia mangium*). Jurusan Teknologi Pertanian. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Kalimantan Timur.
- Suzuki S, Suzuki Y, Yamamoto N, Hattori T, Sakamoto M, Umezawa T. 2009. High-throughput determination of thioglycolic acid lignin from rice. *Plant Biotechnology*, 26(3). <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.26.337>.
- Staughton J. 2021. 7 Surprising benefits of sorghum. <https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/sorghum.html>.
- United Sorghum Checkoff Program. 2021. The cutting edge ancient grain. <https://www.sorghumcheckoff.com>.
- Wahyuni Y, Miyamoto T, Hartati H, Widjayantie D, Windiastri VE, Sulistyowati Y, Rachmat, A, Hartati NS, Ragamustari SK, Tobimatsu Y, Nugroho S, Umezawa T. 2019. Variation in lignocellulose characteristics of 30 Indonesian sorghum (*Sorghum bicolor*) accessions. *Industrial Crops and Products*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111840>.







Bab 2

PERSIAPAN LAHAN DAN PEMBUDIDAYAAN TANAMAN SORGUM

Kartika Ning Tyas, Mahat Magandhi

Pusat Riset Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya – BRIN

Jl. Ir. H. Juanda No.13 Bogor, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: kart002@brin.go.id, maha004@brin.go.id

Lokasi budidaya

Sorgum memerlukan ketinggian tempat optimum kurang lebih 0–500 m dpl. Perkecambahan sorgum memerlukan suhu 25°C – 27°C, sedangkan untuk pertumbuhannya perlu suhu sekitar 23°C – 30°C (Zubair 2016). Sorgum dapat ditanam secara monokultur atau tumpang sari dengan palawija atau di antara vegetasi pada tempat yang masih terbuka (Gambar 3).



A



B

Gambar 3. Lahan untuk budidaya sorgum. A. Lahan alang-alang terbuka; B. Lahan alang-alang di antara vegetasi.



Penyiapan lahan

Penyiapan lahan dimulai dengan pembersihan gulma, tanaman perdu ataupun sisa-sisa tanaman yang ditanam sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengolahan tanah menggunakan mesin (Gambar 4) atau secara manual dengan cangkul. Penggemburan dan perataan tanah juga dilakukan untuk memperbaiki tekstur, serta meningkatkan porositas dan aerasi tanah. Lahan dengan ketersediaan air yang memadai atau beririgasi maka pengolahan tanah dilakukan secara optimum yaitu dengan dua kali pembajakan dan satu kali penggaruan, dan dibuatkan saluran drainase di tengah maupun di pinggir lahan. Adapun lahan dengan mengandalkan residu air tanah atau tadah hujan maka pengolahan tanah hanya dilakukan secara sederhana yaitu dengan mencangkul permukaan tanah untuk mematikan gulma dan menghambat penguapan air tanah (Tabri dan Zubachtirodin 2013). Lahan yang telah siap ditanami dicirikan dengan lahan yang bersih dari gulma tanaman perdu ataupun sisa-sisa tanaman yang ditanam sebelumnya, gembur, rata, dan memiliki porositas dan aerasi tanah yang tinggi (Gambar 5).



Gambar 4. Pengolahan tanah dengan traktor tangan pada lahan untuk budidaya sorgum



Gambar 5. Lahan yang siap ditanami sorgum

Budidaya Tanaman

A. Pemilihan Benih

Indonesia memiliki banyak aksesori sorgum, namun baru beberapa aksesori yang dilepas oleh pemerintah, antara lain Super 1, Super 2, Numbu, Kawali (Gambar 6A). Biji sorgum ada yang memiliki sekam menutupi seluruh biji dan ada yang tidak bersekam (Gambar 6B dan C). Warna biji juga beragam, ada yang putih, coklat muda, atau coklat tua. Biji yang digunakan sebagai benih harus disimpan di tempat yang tertutup rapat agar tidak dirusak oleh hama, antara lain kumbang tanduk (Gambar 6D).

Benih merupakan biji yang dipakai sebagai bahan tanaman. Sebelum dilakukan penanaman, benih sorgum disortir dengan cara direndam air di dalam wadah dan dipilih benih yang bernas dan tidak terkena hama penyakit. Benih yang tidak viabel atau rusak akan mengapung. Benih yang mengapung diambil dan dibuang. Benih yang tenggelam dipilih untuk bahan tanaman. Benih yang terpilih kemudian direndam dalam air yang dicampur dengan fungisida benih (2 gr/l) selama 10-12 jam.



A



B



C



D

Gambar 6. Biji-biji sorgum. A. Benih dari Balai Penelitian Tanaman Serealia; B. Biji dengan sekam; C. Biji tanpa sekam; D. Hama pada benih sorgum

B. Penanaman

Penanaman dilakukan pada lahan yang telah disiapkan sebelumnya. Jarak tanam yang disarankan untuk sorgum yaitu 60-75 cm x 20-25 cm (Tabri dan Zubachtirodin 2013) dengan baris mengikuti arah matahari bergerak (timur-barat). Pembuatan lubang tanam dapat dilakukan dengan cara ditugal menggunakan alat bantu seperti kayu dengan kedalaman lubang sekitar 3 cm (Gambar 7A). Setiap lubang tanam diisi 3-4 benih dan diberi insektisida di sekitar benih (Gambar 7B) untuk melindungi benih dari serangga pengganggu. Lubang tanam kemudian



ditutup dengan tanah ringan atau pupuk organik. Penyiraman dilakukan setelah tanam sampai membasahi tanah di sekitar benih yang ditanam untuk memenuhi kebutuhan air saat benih berkecambah. Umumnya benih akan berkecambah 5 hari setelah tanam (Gambar 8). Setelah 2 minggu penanaman dilakukan penjarangan tanaman dengan menyisakan dua tanaman per lubang. Jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang ditentukan oleh tujuan dari budidaya sorgum sebagai penghasil biji, pakan ternak atau lainnya.



Gambar 7. A. Sorgum ditanam dengan jarak tanam sesuai tujuan budidaya; B. Benih sorgum diberi insektisida



Gambar 8. Tanaman sorgum yang baru tumbuh



C. Pemeliharaan Tanaman Sorgum

Kegiatan pemeliharaan tanaman sorgum meliputi pemupukan, penyiraman, penyiangan gulma dan pembumbunan.

Pemupukan. Pupuk merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam media tanam untuk menambah hara. Hara akan ikut dalam proses metabolisme tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pemupukan sorgum umumnya dilakukan dua kali. Pemupukan pertama dilakukan seminggu setelah tanam. Saat akar tanaman telah tumbuh dan berkembang sehingga dapat menyerap hara yang diberikan. Pemupukan kedua dilakukan saat tanaman mulai berbunga (Gambar 9), agar hara yang diperlukan saat pembentukan bunga dan biji terpenuhi. Dosis pupuk yang diberikan disesuaikan dengan rekomendasi masing-masing daerah.



Gambar 9. Tanaman sorgum menjelang berbunga

Penyiraman. Air merupakan salah satu komponen utama yang diperlukan dalam proses fotosintesis yang akan menghasilkan pati untuk proses pertumbuhan tanaman (Taiz dan Zeiger 2002). Tanaman sorgum termasuk tanaman yang toleran terhadap kekeringan. Meski demikian, tanaman sorgum memerlukan air dalam jumlah yang cukup pada periode tertentu yaitu saat pertumbuhan awal hingga berdaun empat dan saat pengisian biji sampai biji mulai mengeras (Chozin 2011).



Penyiangan gulma. Gulma merupakan tumbuhan yang tidak dikehendaki keberadaannya di lahan budidaya. Gulma dapat menurunkan produksi tanaman karena akan terjadi persaingan dengan tanaman utama dalam memperoleh cahaya, hara dan air. Gulma juga dapat menjadi inang dari hama dan penyakit. Penyiangan gulma dalam budidaya sorgum dapat dilakukan secara manual menggunakan sabit atau cangkul dengan frekuensi dua kali selama pertumbuhan. Penyiangan gulma pertama pada sorgum dilakukan pada saat periode awal pertumbuhan. Saat sorgum berumur 10-15 hari setelah tanam atau bersamaan dengan penjarangan tanaman. Penyiangan gulma kedua bergantung pada kondisi di lapangan atau dilakukan bersamaan dengan pembumbunan.

Pembumbunan. Pembumbunan dilakukan dengan cara menggemburkan tanah di sekitar batang tanaman menggunakan cangkul dan menimbunkan tanah pada pangkal batang. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan porositas dan aerasi tanah, serta untuk merangsang pertumbuhan akar pada buku-buku batang sorgum. Akar dari buku batang memperkokoh tanaman agar tidak mudah rebah (Zubair 2016) (Gambar 10). Pembumbunan dapat dilakukan bersamaan dengan pemupukan kedua (3-4 minggu setelah tanam) atau saat kegiatan penyiangan gulma kedua.



Gambar 10. Tanaman sorgum yang rebah terkena angin



D. Panen

Tanaman sorgum untuk produksi biji dapat dipanen pada umur 3-4 bulan setelah tanam, tergantung dari varietas yang digunakan. Sorgum yang dipanen bijinya dilakukan saat biji telah berisi penuh. Biji terasa keras bila ditekan dengan kuku. Hal ini karena lapisan pati yang keras pada biji telah berkembang sempurna dan telah terbentuk lapisan absisi berwarna gelap yang disebut dengan *black layer* pada sisi sebelah luar embrio, dengan kadar air biji sekitar 35-35% (Gerik *et al.* 2003). Tanda lain yang terlihat adalah sebagian atau seluruh daun menjadi berwarna kuning dan mengering. Saat fase masak fisiologis ini serapan hara oleh tanaman mencapai 100% atau biomassa mencapai bobot yang maksimal (Andriani dan Isnaini 2013).

Panen biji dilakukan dengan cara memotong tangkai malai di atas daun bendera dengan menggunakan sabit atau gunting stek (Gambar 11A). Malai yang telah dipotong kemudian dimasukkan ke dalam karung kemudian dijemur (Gambar 11C) dan diproses lebih lanjut. Malai akan diproses dengan mesin perontok biji untuk memisahkan biji dari malai. Biji yang akan dimanfaatkan sebagai bahan pangan harus disosoh untuk menghilangkan lapisan luar biji yang keras (Gambar 11D).

Biomassa sorgum dipanen setelah panen malai. Panen biomassa dilakukan dengan memotong pangkal batang sekitar 10–15 cm dari permukaan tanah. Biomassa batang yang telah dipanen kemudian dikumpulkan dan diikat dengan tali, diangkut ke tempat yang akan melakukan proses selanjutnya (Gambar 11B). Biomassa batang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, penghasil gula, penyedap rasa, *biofuel*, atau papan partikel. Bila budidaya sorgum dilakukan untuk pakan ternak, maka tanaman sorgum dapat juga dipanen saat tanaman belum berbunga.

Akar dan sisa batang yang tertinggal di lahan dapat menghasilkan tanaman sorgum baru yang dapat dipanen lagi malai dan biomasnya. Tanaman sorgum baru ini disebut tanaman hasil *ratoon*. Produksi biji tanaman hasil *ratoon* lebih rendah dibanding tanaman pertama.



A



B



C



D

Gambar 11. Kegiatan pemanenan sorgum. A. Malai dikumpulkan; B. Batang dibersihkan; C. Malai dijemur; D. Sorgum yang siap diolah

Daftar Pustaka

- Andriani A, Isnaini M. 2013. Morfologi dan fase pertumbuhan sorgum. *In*. Sumarno, Darmadjati DS, Syam M, Hermanto (Eds.). *Sorgum: Inovasi teknologi dan pengembangan*. IAARD Press, Balitbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Chozin M. 2011. Performances of sorghum genotypes under drought stress. *Jurnal Penelitian UNIB*, 17(1): 21-24.
- Gerik T, Bean BW, Vanderlip R. 2003. Sorghum growth and development. *Texas FARMER Collection*.



- Tabri F, Zubachtirodin. 2013. Budidaya tanaman sorgum. *In.* Sumarno, Darmadjati DS, Syam M, Hermanto (*Eds.*). Sorgum: Inovasi teknologi dan pengembangan. IAARD Press, Balitbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Taiz L, Zeiger E. 1991. Plant physiology. Benjamin Cumming, New York.
- Zubair A. 2016. Sorgum tanaman multi manfaat. Unpad Press. Bandung. 90 p. ISBN 978-602-6308-93-1.







Bab 3

JENIS DAN DOSIS PUPUK PADA TANAMAN SORGUM

Reni Lestari

Pusat Riset Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya – BRIN

Jl. Ir. H. Juanda No.13 Bogor, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: reni.lestari@brin.go.id

Tanaman sorgum bisa beradaptasi dan tumbuh di lahan yang kering dan memiliki kandungan hara tanah yang relatif rendah. Tanaman ini memiliki perakaran serabut yang pertumbuhannya menyebar, sehingga menjadi efisien dalam memanfaatkan hara serta sangat menguntungkan dalam pemupukan tanaman.

Pemupukan dilakukan untuk menambah unsur hara yang rendah ketersediaannya dan perlu dilakukan secara efisien dan efektif. Dengan demikian akan dihasilkan produktivitas tanaman sorgum yang tinggi secara berkesinambungan. Pengelolaan hara untuk tanaman sorgum tidak hanya dengan pupuk anorganik dengan dosis, jenis, dan waktu pemupukan yang tepat, melainkan juga dengan pupuk organik dan menetralkan toksisitas hara yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe), Mangan (Mn) melalui pengapuran.

Penggunaan pupuk organik selain bertujuan untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik juga mempunyai dampak jangka panjang terhadap perbaikan kesuburan biologi dan sifat fisik tanah. Pupuk organik yang digunakan bisa berasal dari pupuk kandang kompos maupun bahan organik lain yang diinokulasi mikroba. Pengapuran dilakukan pada tanah masam karena tanaman sorgum sensitif terhadap pH rendah.



Hara esensial yang dibutuhkan tanaman sorgum bisa diperoleh dari dalam tanah maupun udara. Hara yang diperoleh dari dalam tanah yaitu: (1) hara makro primer atau hara yang digunakan dalam jumlah banyak serta sering kekurangan keberadaannya di dalam tanah, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K); (2) hara makro sekunder atau hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak namun ketersediaannya dalam tanah sering mencukupi sehingga jarang terjadi kekurangan dibanding hara primer, yaitu Sulfur/Belerang (S), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca); (3) hara mikro yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, yaitu Ferum/ Besi (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn), Kuprum/ Tembaga (Cu), Boron (B), Molibdenum (Mo) dan Klorin (Cl) (Syahrudin dan Akil 2013). Sedangkan hara yang diperoleh dari udara adalah Karbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O).

Pemupukan anorganik

Rekomendasi pemupukan sorgum didasarkan pada kondisi spesifik lokasi, yaitu pemupukan yang sesuai dengan potensi dan peluang hasil tanaman, kemampuan lahan menyediakan hara secara alami, dan pemulihan hara. Secara umum unsur hara N, P, dan K menjadi faktor pembatas pada sebagian besar lahan kering untuk produksi sorgum. Penentuan kebutuhan pupuk pada tanaman sorgum didasarkan pada target hasil produksi panen biji yang ingin dicapai dan hasil analisis hara tanah (Tabel 5, 6, dan 7). Untuk penanaman sorgum di lahan irigasi, secara umum dosis NPK yang dapat dipakai per hektar adalah 100 – 180 kg Nitrogen, 45 – 70 kg P_2O_5 dan K_2O (Zubair 2016). Kementerian Pertanian (2013) juga menganjurkan penggunaan 200 kg Urea (46% N), 100 kg SP-36 (36% Fosfat dan 5% Sulfur) dan 50 kg KCl (60% K_2O). Pupuk urea diberikan dua kali yaitu 1/3 pada waktu tanam bersamaan dengan SP-36 dan KCl, sisanya 2/3 pupuk Urea diberikan setelah tanaman berumur satu bulan. Pupuk diberikan dengan cara ditugal sejauh \pm 7-15 cm sebelah kanan dan kiri dari lubang tanam (Gambar 12A). Pemberian pupuk juga bisa diberikan dengan cara dibuat larikan di sepanjang sisi tanaman (Gambar 12B). Urea



dan SP-36 dimasukkan dalam satu lubang, sedangkan KCl pada lubang yang lainnya (Gambar 12C). Rekomendasi Pemerintah lainnya untuk pemupukan sorgum manis numbu dan kawali adalah dengan takaran pupuk sebanyak 250 kg urea/ha + ponska 300 kg/ha (15% N, 15% Fosfat, 15% K₂O dan 9% S). Pupuk diberikan 2 kali, pertama: 7-10 hari setelah tanam dengan dosis lainnya, untuk pemberian pupuk dengan cara ditugal (Gambar 12C). Rekomendasi Pemerintah lainnya untuk pemupukan sorgum manis numbu dan kawali adalah dengan takaran pupuk sebanyak 250 kg urea/ha + ponska 300 kg/ha. Pupuk diberikan 2 kali, pertama: 7-10 hari setelah tanam dengan dosis 300 kg ponska/ha; dan kedua: 30-35 hari setelah tanam dengan dosis 250 kg urea/hari. Pupuk diberikan dengan lubang/larikan + 15 cm di samping tanaman.

Target hasil adalah peluang hasil yang dapat diperoleh dengan mempertimbangkan kemampuan lahan dan pengelolaan tanaman secara optimal. Waktu pemberian pupuk disesuaikan dengan laju pertumbuhan tanaman dan masa kehilangan pupuk pada setiap jenis tanah. Fase tumbuh tanaman di mana tanaman mengakumulasi hara yang tinggi yaitu fase V5 atau pada sekitar 30 hari setelah berkecambah, di mana laju pertumbuhan tanaman dan serapan haranya sangat tinggi, karena itu suplai hara yang cukup sangat dibutuhkan untuk mendapatkan pertumbuhan maksimum (Vanderlip 2003). Pemberian N sebanyak sepertiga sampai setengah dari total kebutuhan N disarankan untuk diberikan pada awal tanam, sebelum 10 hari setelah tanam (Espinoza 2003), sedangkan sisanya pada 30 hari setelah berkecambah.

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



Tabel 5. Pemupukan Nitrogen (N) pada tanaman sorgum berdasar target hasil yang dituju dan kandungan bahan organik pada tanah

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

Sumber: Kansas State University (2013), Syafruddin dan Akil (2013)

Tabel 6. Pemupukan Fosfor (P) pada tanaman sorgum berdasarkan target hasil yang dituju

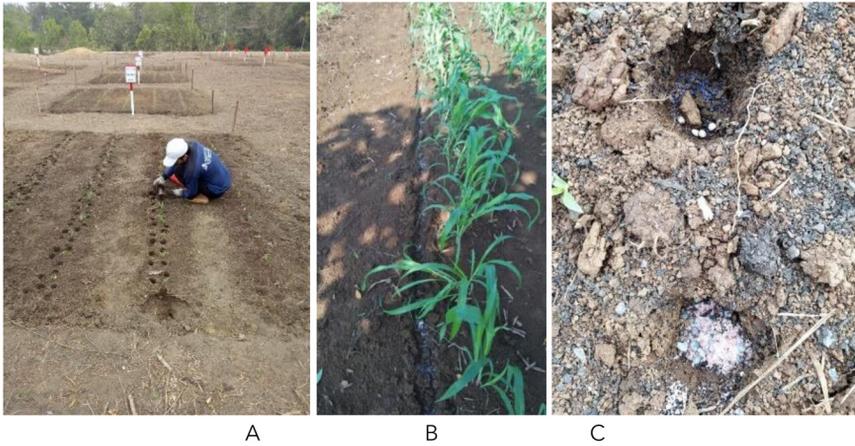
Target hasil biji (ton/ha)	P (ppm) Bray			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	Takaran kg P ₂ O ₅ /ha			
2	45	31	18	13
3	47	33	20	16
4	49	36	22	18
5	51	38	25	20
6	54	40	27	22

Sumber: Kansas State University (2013), Syafruddin dan Akil (2013)

Tabel 7. Pemupukan Kalium (K) pada tanaman sorgum berdasarkan target hasil yang dituju

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

Sumber: Kansas State University (2013), Syafruddin dan Akil (2013)



Gambar 12. A. Pemupukan pada lubang-lubang di samping tanaman sorgum, B. Pemupukan dengan membuat larikan di samping tanaman sorgum, C. Pupuk anorganik pada lubang di samping benih-benih yang ditanam

Pemupukan organik

Untuk mempertahankan kesuburan dan produktivitas lahan, selain dilakukan pemupukan anorganik diperlukan pula tambahan pupuk organik (Gambar 13). Pemberian bahan organik pada lahan kering marginal dapat memperbaiki kesuburan tanah dan memperbaiki struktur tanah agar menjadi lebih gembur, lebih mudah diolah, infiltrasi air lebih cepat, dan kemampuan tanah menahan air lebih besar. Tujuan pemberian bahan organik pada lahan kering berlereng adalah untuk meningkatkan kestabilan agregat, porositas tanah, dan infiltrasi air sehingga meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi (Fagi 2005). Pemberian pupuk organik (kotoran ayam) pada tanaman sorgum dengan takaran 2,5 ton/ha dapat mengurangi pemberian pupuk anorganik sebanyak 50% dan menurunkan biaya pemupukan (Amujoyegbe *et al.* 2007). Pemberian kompos pada tanaman sorgum sebanyak 20 ton/ha disertai pemberian inokulan mikroba juga dapat mengurangi pemberian pupuk anorganik khususnya N sebanyak 50 %.



Gambar 13. Pemberian pupuk organik pada lahan yang akan ditanami sorgum



Pemberian kapur

Kemasaman tanah yang optimal untuk budidaya tanaman sorgum adalah 6,0-7,5. pH tanah yang tidak optimal akan menyebabkan hasil produksi biji sorgum akan menurun. Hal ini disebabkan oleh keracunan Al, Fe, atau Mn oleh tanaman sorgum yang ditanam pada tanah masam. Keracunan Al pada serealia dapat menurunkan hasil 28-63% (Sierra *et al.* 2005). Upaya untuk menetralsir toksisitas tersebut adalah dengan pemberian kapur. Selain untuk menetralkan pengaruh langsung Al, pemberian kapur juga menjadikan unsur hara khususnya P menjadi lebih tersedia. Rekomendasi pengapuran didasarkan pada besaran Al yang dapat dipertukarkan, yaitu setiap mili ekuivalensi Al per 100 g tanah setara dengan 1,5 mili ekuivalen kalsium atau setara dengan 1,65 ton kalsium karbonat (CaCO_3) per hektar (Espinoza 2003). Cara pemberian kapur adalah: 1) tanah diolah dengan sempurna, 2) kapur ditabur secara merata di atas permukaan tanah, 3) tanah diaduk hingga kedalaman 20 cm, 4) tanah yang telah diolah dibiarkan selama 2 minggu, sebelum dilakukan penanaman sorgum.

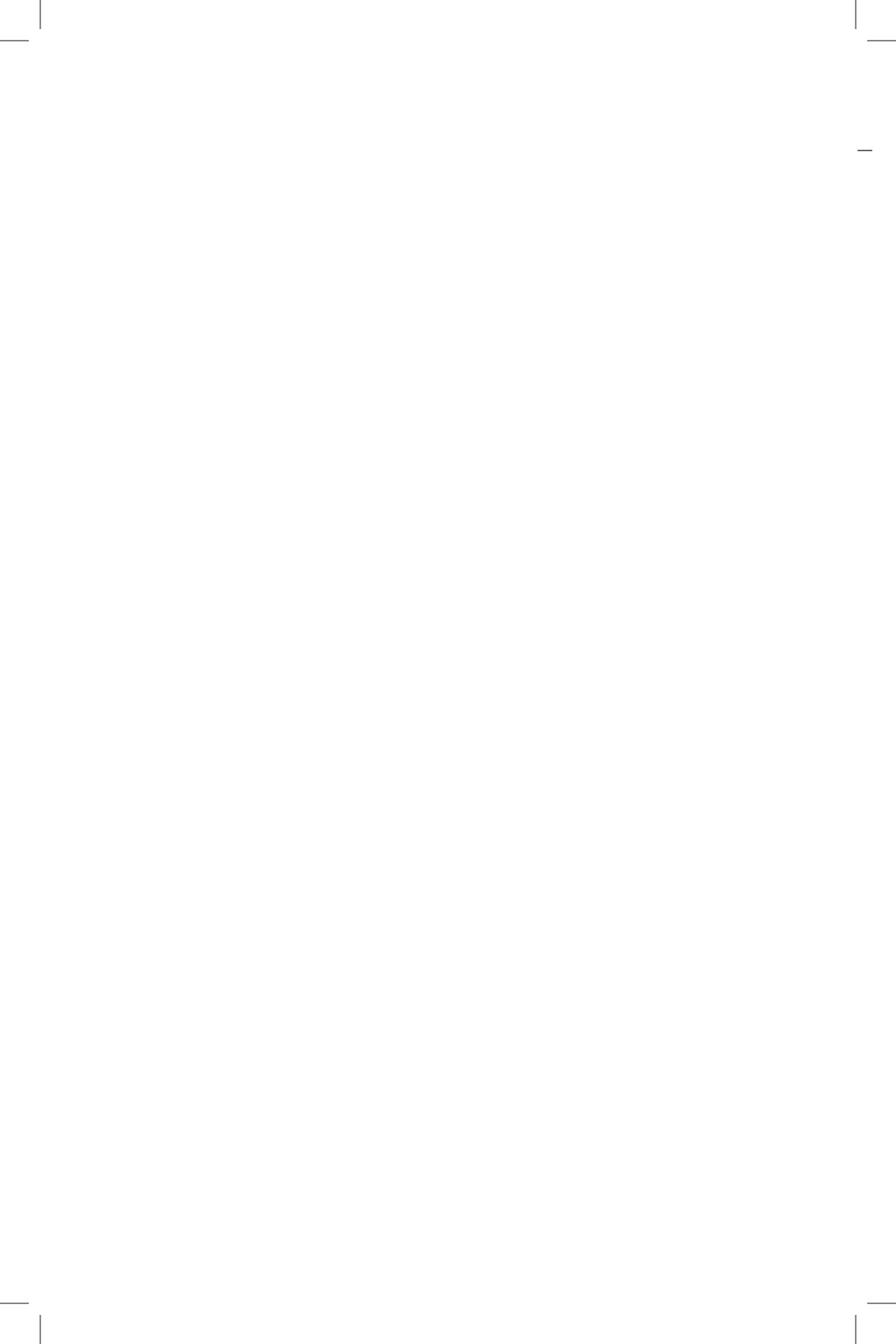
Daftar Pustaka

- Amujoyegbe BJ, Opabode JT, Olayinka A. 2007. Effect of organik and inorganik fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). African Journal of Biotechnology, 6(16):1869-1873.
- Espinoza L. 2003. Fertilization and liming. Grain sorgum production handbook. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. Pp.21-24.
- Fagi AM. 2005. Menyikapi gagasan dan pengembangan pertanian organik di Indonesia. Seri AKTP No. 1/2005. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kansas State University. 2013. Soil test interpretation and fertilizer recommendation. 20p.



- Kementerian Pertanian. 2013. Sorgum, varietas dan teknik budidaya. Brosur sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Kementerian Pertanian.
- Sierra J, Laontainem HO, Dufourn L, Meunier AV, Bonhomme R, Walker C. 2005. Nutrient and assimilate partitioning in two tropical maize cultivars in relation to their tolerance to soil acidity. Article in Press. Field Crops.
- Syafruddin, Akil. 2013. Pengelolaan hara pada tanaman Sorgum. *In*. Sumarno, Damardjati DS, Syam M, Hermanto (Eds.). Sorgum, inovasi teknologi dan pengembangan. IAARD Press. Jakarta. Pp. 222-241.
- Vanderlip RL. 1993. How a sorgum plant develops. Kansas State University. Pp. 12-14.
- Zubair A. 2016. Sorgum, tanaman multi manfaat. UNPAD Press. Bandung. Pp. 78.







Bab 4

PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT

Masrukhin dan I Made Sudiana

Pusat Riset Biologi – BRIN

Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46, Cibinong, Jawa Barat 16911, Indonesia

E-mail: masrukhin@brin.go.id

Pengendalian hama

Budidaya sorgum masih mengalami beberapa kendala yang mengakibatkan hasil kurang maksimal. Hal ini berdasarkan hasil pengamatan terhadap hama dan penyakit sorgum dari tahun 2016 sampai dengan 2020 di lahan percobaan yang ada di Jawa barat, Kalimantan Tengah, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Timur. Budidaya sorgum masih mengalami beberapa kendala yang mengakibatkan hasil kurang maksimal. Secara umum terdapat beberapa hama dan penyakit yang menyerang sehingga menyebabkan kerugian pada budidaya sorgum. Penyakit pada tanaman sorgum umumnya menyerang pada saat musim hujan, dan setelah akhir musim hujan. Sebagian besar penyakit menyerang pada sorgum berumur 2,5 bulan sebelum berbunga, dan sesudah berbunga. Penyakit sorgum yang paling banyak menyerang sorgum di Jawa barat adalah cendawan *Puccinia purpurea*, *Colletotrichum graminicola*, dan Cendawan *Exerochilum turcicum*. Deteksi dini hama dan penyakit tanaman sangat penting untuk mengurangi kerusakan yang makin parah.



Hama tersebut umumnya merupakan kelompok serangga dan penyakit yang disebabkan oleh cendawan. Menurut Tenrirawe *et al.* (2013) beberapa hama utama yang menyerang tanaman sorgum, antara lain:

1. **Lalat bibit sorgum (*Atherigona varia soccata* Rond.)**

Ciri-ciri : Hama ini merupakan salah satu hama utama di daerah tropis. Lalat bibit meletakkan telurnya pada bagian daun ketiga maupun keempat (Tenrirawe *et al.* 2013; BPTP JABAR 2013). Telur akan menetas pada hari ke-2 maupun 3 dan menjadi larva. Larva tersebut akan membuat lubang (menggerek) pada batang sorgum untuk berkembang menjadi pupa kemudian menjadi lalat dewasa.



(Dick Belgers 2022)



(Umakanth et al. 2019)

Gambar 14. Lalat bibit sorgum (*Atherigona varia soccata* (Rond.))

Pengendalian:

- Penanaman serempak, dapat mengurangi investasi lalat bibit.
- Penggunaan varietas yang tahan.
- Pengendalian biologi, misalnya penggunaan serangga parasit telur *Trichogramma kalkae*, *Aprostocetus* spp.
- Aplikasi insektisida dengan bahan aktif *carbofuran*, *fensulfothion*, *isofenphos* sesuai dosis dan rotasi insektisida yang dianjurkan.

2. **Penggerek batang sorgum (*Busseola fusca* Fuller)**

Ciri-ciri : *Busseola fusca* merupakan serangga penggerek batang sorgum yang dapat menyebabkan matinya bagian pucuk tanaman. Selain itu luka bekas gerakan dapat menjadi



pemicu serangan penyakit yang disebabkan oleh cendawan. Serangga dewasa meletakkan telur pada bagian dalam pelepah daun muda. Telur tersebut menetas pada setelah 7-12 hari, kemudian larva mulai tumbuh dan memakan daun muda. Larva yang telah berkembang menjadi instar akan melubangi batang sebagai tempatnya berkembang menjadi pupa.



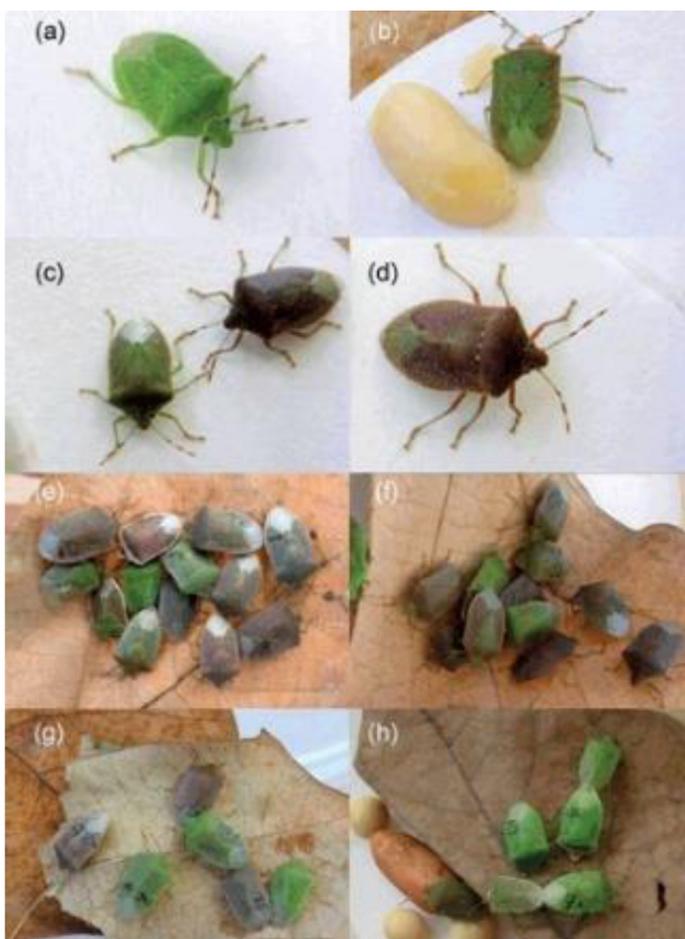
(Ong'amo *et al.* 2016)

Gambar 15. Penggerek batang sorgum (*Busseola fusca* Fuller)

Pengendalian:

- a. Kultur teknis, yakni pengolahan tanah yang baik dan menghindari penggunaan sisa tanaman sebagai mulsa.
 - b. Penggunaan varietas yang tahan.
 - c. Pengendalian biologis, seperti menggunakan parasitoid *Trichogramma* sp., *Cotessia flavipes*, dan *C. chilonis*.
3. **Kepik hijau penghisap malai (*Nezara viridula*)**

Ciri- ciri : Serangga ini menyebar hampir di seluruh dunia dengan rentang inang yang luas seperti jagung, kedelai, kacang tanah, padi, sorgum maupun kapas. Serangga dewasa berwarna hijau dan meletakkan telur pada bagian permukaan bawah daun. Telur yang menetas berkembang menjadi larva kemudian nimfa. Fase nimfa merupakan fase yang merusak karena menghisap polong (malai) pada tanaman sorgum.



(Musolin, 2012)

Gambar 16. Kepik hijau pengisap malai (*Nezara viridula*)

Pengendalian:

- a. Kultur teknis, seperti penanaman serempak guna mengurangi investasi kepik hijau.
- b. Pengendalian biologis seperti menggunakan parasitoid *Trichopoda pennipes*, *T. pillipes* maupun pemangsa telur dan nimfa seperti *Pheidole megacephala*.



- c. Aplikasi insektisida dengan bahan aktif *bifenthrin*, *beta-cyfluthrin*, *acephate* dengan dosis dan rotasi insektisida yang dianjurkan (Brown *et al.* 2012).

4. Burung Emprit

Hasil pengamatan di lapangan pada areal percobaan di Cibinong Science Center, terhadap 42 aksesori yang diuji dan di Malaka Timor Tengah Selatan serta di Katingan Kalimantan Tengah diketahui bahwa burung emprit sangat menyukai beberapa aksesori yang termasuk sorgum manis (penghasil jus) seperti Super 1, Super 2, dan Sorgum penghasil biji seperti Kawali. Akan tetapi, beberapa jenis seperti aksesori Konawe Selatan dan Sorgum Nusa Tenggara Timur kurang disukai oleh burung karena memiliki warna biji cokelat dan hitam.



Gambar 17. Burung Emprit

Ciri-ciri: Burung emprit dapat dikategorikan sebagai hama karena dapat memakan biji sorgum dalam jumlah besar, sehingga menimbulkan kerugian mencapai 100%. Hal ini terjadi karena burung ini terbang dan memakan biji sorgum secara berkeloni.



Pengendalian:

- a. Pemasangan sungkup pada malai muda sampai pemanenan.
- b. Penggunaan *paranet* pada lahan sorgum.
- c. Penanaman varietas yang tidak disukai burung, misalnya menanam sorgum dengan warna biji cokelat karena relatif tidak disukai burung.

5. **Aphid/kutu**

Ciri- ciri: Aphid (Hemiptera: Aphididae) merupakan serangga dengan rentang inang yang luas. Secara umum terdapat 112 jenis aphid yang menyerang berbagai jenis tanaman pangan di Indonesia dan 22 jenis di antaranya menyerang tanaman suku Poaceae (termasuk sorgum) (Maharani & Hidayat 2019). Beberapa jenis yang umum ditemukan pada sorgum yaitu *Melanaphis sacchari* (Zehntner), *Sipha flava* (Forbes), dan *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Singh *et al.* 2004; Mas'ud 2011; Nibouche *et al.* 2018). Serangga ini dapat menyerang tanaman dan menimbulkan kerusakan secara fisik pada daun. Beberapa jenis aphid dapat menjadi vektor/pembawa virus yang menginfeksi tanaman.



(Nibouche *et al.* 2018)



(Katherine Parys 2015)

Gambar 18. Kutu pada tebu/*sugarcane aphid* (*Melanaphis sacchari*)



Pengendalian :

- a. Tumpang sari dengan tanaman yang dapat menghadang serangan *aphid*.
- b. Pemasangan kelambu (*shading net*) pada pembibitan.
- c. Sanitasi lingkungan dengan memusnahkan tanaman gulma yang menjadi inang alternatif *aphid*.
- d. Penggunaan perangkat lekat berwarna kuning sebanyak 40 buah/ha, dengan ketinggian disesuaikan dengan tanaman (sedikit di atas tajuk tanaman).
- e. Penggunaan pestisida yang terdaftar dengan bahan aktif *deltametriin* 25 g/l, *dimehipo* 450 g/l maupun *bisultap* 50% dengan rotasi yang sesuai (Susetyo 2016).

Pengendalian penyakit

Penyakit pada sorgum umumnya disebabkan oleh golongan cendawan maupun bakteri patogen. Menurut Soertiningsih *et al.* (2013) berikut adalah beberapa penyakit utama yang terdapat pada tanaman sorgum yang disebabkan oleh cendawan antara lain:

1. **Antraknosa**

Penyebab : Cendawan *Colletotrichum graminicola*

Ciri- ciri : Terdapat bintik-bintik kecil berwarna coklat kemerahan pada bagian bawah daun dan mengalami pelukaan sekitar 5 mm. Bintik tersebut semakin lama membesar dan menyatu sehingga daun mengalami nekrosis secara keseluruhan. Infeksi diawali dari bagian bawah daun, kemudian menyebar ke bagian atas daun dan ke batang.



(Gerald Holmes, 2022)

(Romanek et al. 2017)

Gambar 19. Penyakit Antraknosa

Pengendalian :

- Pencegahan melalui sanitasi lahan.
- Rotasi tanaman .
- Penggunaan varietas resistan.
- Memotong daun yang terinfeksi, atau mencabut dan memusnahkan tanaman yang terinfeksi guna mencegah penularan penyakit yang disesuaikan dengan tingkat keparahan.
- Daun maupun tanaman terinfeksi yang telah dicabut sebaiknya dibuang jauh dari lahan maupun dimusnahkan, guna adanya sumber inokulum penyakit.
- Aplikasi fungisida dengan bahan aktif *mealaxyl*, *benomyl*, dan *mancozeb* sesuai dosis yang dianjurkan (Idowu et al. 2012).

2. Bercak daun

Penyebab : Cendawan *Exerochilum turcicum*

Ciri- ciri : Munculnya bintik kecokelatan pada awal gejala yang kemudian meluas sehingga daun mengalami nekrosis. Infeksi dimulai pada daun tua (bagian bawah) kemudian menjalar ke bagian atas. Infeksi yang semakin parah dapat memunculkan gejala bercak pada bagian batang dan tangkai bulir.



(Parthasarathy Seethapathy, 2022)

Gambar 20. Penyakit bercak daun *Exerochilum turcicum*

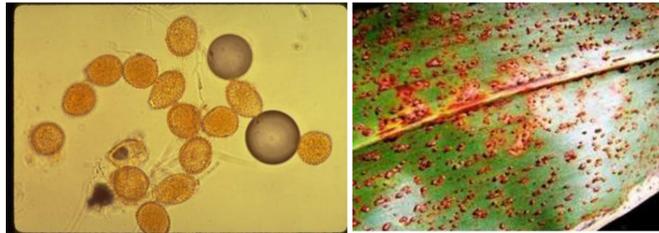
Pengendalian :

- a. Sama dengan pengendalian penyakit antraknosa di atas.
- b. Aplikasi fungisida dengan bahan aktif *mankozeb* dan *karbendazim* sesuai dosis (Tenrirawe *et al.* 2013).

3. Penyakit karat daun

Penyebab : Cendawan *Puccinia purpurea*

Ciri- ciri : Gejala awal terlihat di bagian bawah daun tua muncul bercak kecil berwarna merah atau coklat kemerahan yang kemudian berkembang menjadi tonjolan. Tonjolan semakin meluas dan menyebar ke bagian atas daun sehingga menyebabkan daun tertutup, kering dan rontok lebih cepat.



(Gardner & Hodges 1989)

(Nowell DC 2022)

Gambar 21. Penyakit karat daun (*Puccinia purpurea*)

Pengendalian :

- a. Sama dengan pengendalian pada penyakit antraknosa.
- b. Aplikasi fungisida dengan bahan aktif *dithiocarbamates* sesuai dosis (Tenrirawe *et al.* 2013).

4. Penyakit busuk batang

Penyebab : *Fusarium* sp.

Ciri- ciri : Penyakit ini merupakan soilborne disease (penyakit tular tanah). Awal gejala muncul pada bagian pangkal batang maupun akar tanaman. Bagian yang terinfeksi akan berwarna coklat kemerahan dan mengalami pembusukan. Pangkal batang maupun akar yang mengalami pembusukan akan menyebabkan terhambatnya translokasi air dari akar ke batang kemudian tanaman rebah (*damping off*).



(Gerald Holmes, 2022)

Gambar 22. Penyakit busuk batang *Fusarium* sp.

Pengendalian :

- a. Penggunaan varietas tahan penyakit busuk batang.
- b. Pengaturan jarak tanam supaya tidak terlalu rapat.
- c. Adanya genangan dapat meningkatkan keparahan penyakit ini sehingga diperlukan perbaikan drainase.
- d. Mencabut dan memusnahkan tanaman yang terinfeksi parah, sehingga tidak menjadi sumber inokulum baru.
- e. Aplikasi fungisida dengan bahan aktif *thiram*, *captan*, dan *mefenoxam* sesuai dosis yang dianjurkan (Soenartiningih *et al.* 2016).



Daftar Pustaka

- [BPTP JABAR] Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. 2013. *Juknis usahatani sorgum*. Lembang: BPTP JABAR-Kementerian Pertanian.
- Brown SA, Davis JA, Ritcher AR. 2012. Efficacy of foliar insecticides of eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: *Pentatomidae*). *Florida Entomologist*, 95(4):1182-1186.
- Dick B. 2018. *Atherigona varia*. <https://waarneming.nl/observation/158115379/> (diakses pada 3 Februari 2022)
- Gardner DE, Hodges, Jr CS. 1989. The rust fungi (*Uredinales*) of Hawaii. *Pacific Science*, 43:41-55.
- Gerald H, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org. 2022. Anthracnose (*Colletotrichum graminicola*) (Ces.) G.W. Wilson. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1570307> . (diakses pada 3 Februari 2022)
- Gerald H, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org. 2022. Fusarium wilts, blights, rots and damping-off (*Fusarium sp.*). <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5605563#collapseseven>. (diakses pada 03 Februari 2022)
- Idowu OTH, Salaam AM, Popoola AR, Adeoti AYA. 2012. In vitro assessment of fungicides for the control of sorghum anthracnose induced by *Colletotrichum graminicola* (Cesati) Wilson. *Niger. J. Mycol*, 5(4):1-7.
- Iqbal M, Setiawan D, Setiawan A. 2015. First breeding record of javan munia (*Lonchura leucogastroides*) in Sumatra, Indonesia. *BIOVALENTA: Biological Research Journal*. 1(1): 17-22.
- Katherine P. 2015. Sugarcane Aphid (*Melanaphis sacchari*). <https://bugguide.net/node/view/1112863>. (diakses pada 3 Februari 2022)
- Mas'ud S. 2011. Reaksi beberapa varietas/galur sorgum terhadap serangga *aphis* dan hama lainnya di lapangan. Seminar Nasional Serealia 2011.



- Musolin DL. 2012. Surviving winter: Diapause syndrome in the southern green stink bug *Nezara viridula* in the laboratory, in the field, and under climate change conditions. *Physiological Entomology*, (2012) 37:309–322. DOI: 10.1111/j.1365- 3032.2012.00846.x.
- Nibouche S, Costet L, Holt JR, Jacobson A, Pekarcik A, Sadeyen J, Armstrong JS, Peterson GC, McLaren N, Medina RF. 2018. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. *PLoS ONE*, 13(4): e0196124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>.
- Nowell DC. 2022. *Sorghum bicolor*, *Puccinia purpurea*. <http://ecoport.org/ep?SearchType=pdb&PdbID=25706>. (diakses pada 2 Februari 2022)
- Ong'amo G, Khadioli N, Le Ru B, Mujica N, Carhuapoma P. 2016. Maize stalk borer, *Busseola fusca* (Fuller 1901). In: Krosche, J, Mujica N, Carhuapoma P, Sporleder M. (Eds.). Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru). International Potato Center (CIP). DOI 10.4160/9789290604761-14. pp. 182-194
- Parthasarathy S, Amrita School of Agricultural Sciences, Amrita Vishwa Vidyapeetham, Bugwood.org. 2022. Northern corn leaf blight (*Exserohilum turcicum*) (Pass.) K.J. Leonard & Suggs. <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5573796>. (diakses pada 3 Februari 2022)
- Romanek C, Matiello RR, Coelho CDC, Schafascheck L, Fernando D, Silva G, Gardingo JR. 2017. QTL mapping to anthracnose leaf blight resistance in tropical maize. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17: 390-398. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a58>.
- Singh BU, Padmaja PG, Seetharama N. 2004. *Crop Protection*. 23: 739-735.
- Soenartingsih, Fatmawati, Adnan AM. 2013. Identifikasi beberapa penyakit utama pada tanaman sorgum dan jagung di Sulawesi Tengah. *Seminar Nasional Serealia 2013*.



- Soenartiningih, Aqil M, Andayani NN. 2016. Strategi pengendalian cendawan *Fusarium* sp. dan kontaminasi mikotoksin pada jagung. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1):85-98.
- Susetyo HP. 2016. Identifikasi dan klasifikasi hama aphid (kutu daun) pada tanaman kentang. Direktorat Perlindungan Hortikultura.
- Tenrirawe A, Tandilabang J, Adnan AM, Pabbage MS. 2013. Pengelolaan hama pada tanaman sorgum. *In*. Sumarno, Damardjati DS, Syam M, Hermanto (Eds.). *Sorgum, inovasi teknologi dan pengembangan*. IAARD Press. Jakarta. Pp. 222-241.
- Umakanth AV, Kumar AVA, Vermerris W, Tanopi VA. 2019. Sweet Sorghum for Biofuel Industry *In*. Umakanth AV, Kumar AA, Vermerris W, Tanopi VA. (Eds.). *Breeding sorghum for diverse end uses*. Duxford (UK): Elsevier.
- Yani M, Purnama H. 2019. Aphids (Hemiptera: *Aphididae*) in the agricultural habitat in Indonesia. *Asian J. Agric. Biol. Special Issue*: 277-285.

CALCIUM

New leaves misshaped or stunted. Existing leaves remain green.

NITROGEN

Upper leaves are light green where lower leaves are yellow. Bottom or older leaves are yellow and shrivelled.

CARBON DIOXIDE

White deposits on leaves. Stunted growth, and the plant dies back.

PHOSPHATE

Leaves are darker than normal and loss of leaves.

NEW GROWTH OLD GROWTH

IRON

Young leaves are yellow and white with green veins. Mature leaves are normal.

POTASSIUM

Yellowing of the tips and edges, usually in younger leaves. Dead or yellow patches develop on leaves.

MANGANESE

Yellow spots and elongated holes between veins.

MAGNESIUM

Lower leaves turn yellow from outside going in, veins remain green.

REFERENCES <http://www.growingsalad.com/gardening/identifying-plant-nutrient-deficiencies/>

<http://webextension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pub/slas1106.pdf>





Bab 5

GEJALA KEKURANGAN HARA DAN CARA MEMPERBAIKINYA PADA TANAMAN SORGUM

Arief Noor Rachmadiyanto

Pusat Riset Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya – BRIN

Jl. Ir. H. Juanda No.13 Bogor, Jawa Barat, Indonesia

E-mail: arief.noor.rachmadiyanto@brin.go.id

Diagnosa kekurangan dan kelebihan hara

A. Gejala

Gejala kekurangan dan kelebihan hara pada umumnya dapat dilihat dari daun, batang akar maupun lingkungan (tanah). Diagnosa awal pada tanaman dapat dilakukan dengan cara melihat perubahan warna dan bentuk daun dan batang. Jika dilihat dari tanda dan gejala pada tanaman, perubahan ini dapat disebabkan oleh dua faktor. Kita harus bisa membedakan antara tanda dan gejala kekurangan unsur hara atau karena penyakit atau hama. Umumnya, tanda dan gejala akibat hama dapat dilihat dari bekas (tanda) serangan hama tersebut, sedangkan jika akibat dari penyakit, tanda dan gejala pada awalnya hanya bersifat lokal atau spot-spot kemudian lama-kelamaan menyebar. Berbeda dengan gejala kekurangan unsur hara, gejala ini bersifat langsung menyebar, atau terlihat menyeluruh pada bagian tanaman. Bisa pada daun muda maupun daun tua. Hal ini dikarenakan sifat dari masing-masing unsur hara yang biasanya terakumulasi pada bagian-bagian tertentu, seperti daun muda atau tua.



Gejala pada daun muda (atas) umumnya dikarenakan kekurangan unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), salinitas dan keracunan (kelebihan) unsur hara. Gejala untuk daun tua (bawah) umumnya dikarenakan kekurangan unsur hara Kalsium (Ca), Sulfur (S), Besi (Fe), Tembaga (Co), Seng (Zn), Mangan (Mn), dan Boron (B).



(Anonim 2016)

Gambar 23. Gejala kekurangan berbagai unsur hara pada daun

B. Analisis tanah dan tanaman

Identifikasi secara visual dengan melihat perubahan warna dan bentuk daun maupun batang tanaman sebenarnya cukup untuk menentukan tingkat serapan hara tanaman. Apakah tanaman tersebut kekurangan, normal maupun kelebihan hara. Akan tetapi, untuk menentukan dosis pemberian tambahan hara perlu dilakukan analisa tanah dan tanaman. Analisa tanah dapat menentukan kandungan hara yang tersedia bagi tanaman sedangkan analisa tanaman dapat digunakan untuk menentukan jumlah serapan hara pada tanaman. Perbedaan serapan hara pada bagian tumbuhan yang menandakan gejala perubahan bisa diambil sampel untuk dianalisis dengan dibandingkan bagian tumbuhan dengan vigor normal. Selisih antara tanaman normal dengan yang terlihat gejala dapat menjadi

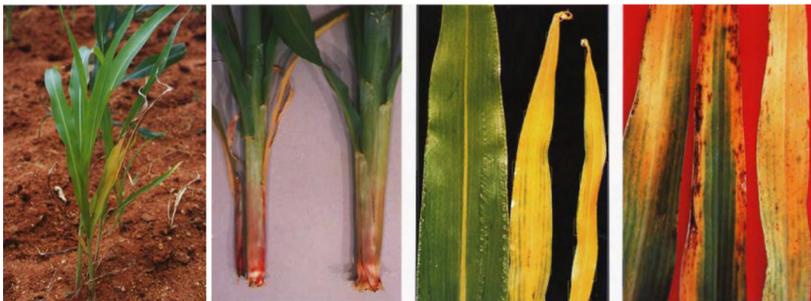


acuan kebutuhan hara untuk tanaman tersebut. Kemudian, selisih antara kebutuhan hara dengan ketersediaan hara pada tanaman dapat menjadi acuan pemberian hara tambahan melalui pemupukan.

C. Gejala pada daun tua (bawah)

1. Nitrogen (N)

Gejala kekurangan hara nitrogen dapat dilihat adanya perubahan menjadi warna hijau pucat sampai kuning pucat, tumbuh lebih lambat, dan sering menunjukkan keterlambatan berbunga dan berbuah. Batang tanaman cenderung tipis, kurus, dan pada beberapa kultivar terdapat garis-garis berwarna merah pada pelepah bagian bawah. Gejala muncul pertama kali pada daun yang lebih tua dan kemudian berkembang naik ke daun muda. Perubahan daunnya semakin tajam, dari hijau gelap menjadi hijau pucat hingga kuning.



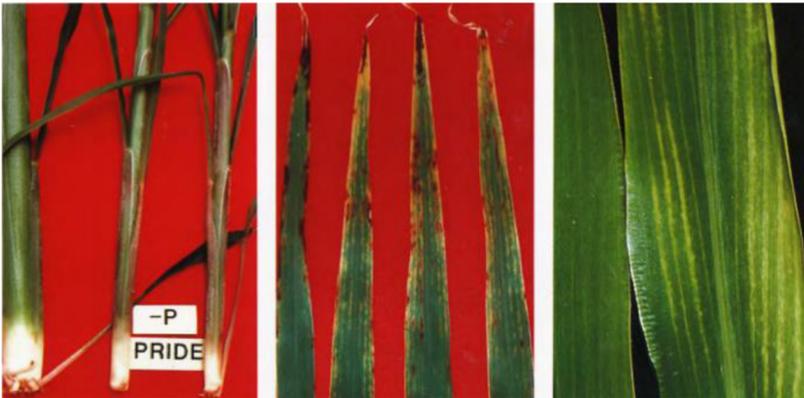
Gambar 24. Gejala kekurangan unsur Nitrogen (Grundon *et al.* 1987)

2. Fosfor (P)

Kekurangan unsur hara Fosfor dapat dilihat seperti pertumbuhan yang lambat dengan vigor rendah hingga terlambat untuk berbunga. Gejala lainnya muncul ketika kekurangan P mulai terjadi adalah tanaman menunjukkan tanda kerdil dengan batang kurus, warna batang dan daun hijau gelap. Ketika kekurangan P menjadi lebih parah, pertumbuhan sangat berkurang dan daun berubah menjadi warna gelap merah atau ungu terbentuk pada pelepah daun lebih



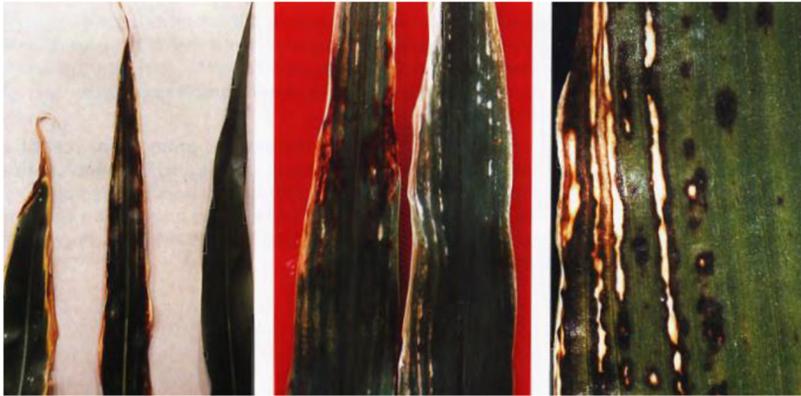
tua. Gejala pada beberapa kultivar, pelepahnya merah menjadi ungu. Tingkat kepekatan merah atau ungu bervariasi untuk masing-masing kultivar.



Gambar 25. Gejala kekurangan unsur Fosfor (Grundon *et al.* 1987)

3. Kalium (K)

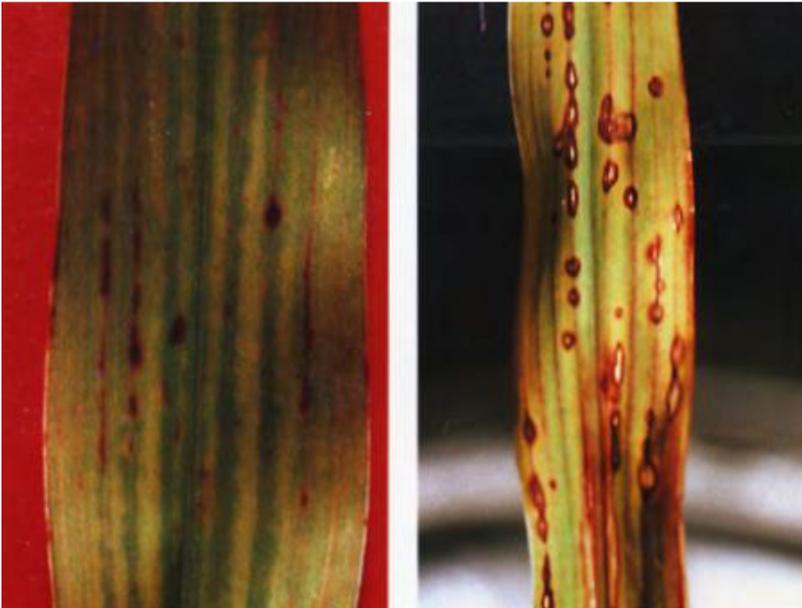
Gejala tanaman kekurangan unsur hara kalium dapat dilihat berupa vigor yang rendah, keterlambatan berbunga dan berbuah. Batang menjadi pendek dan tipis. Daun yang lebih tua menunjukkan gejala nekrosis pada bagian tepi yang dapat memperpanjang ke seluruh helai daun. Gejala pada beberapa kultivar, klorosis terjadi berupa perubahan warna kuning ke putih yang berkembang dari tepi di ujung daun. Klorosis diikuti oleh titik nekrotik berwarna cokelat pucat dan dapat menjadi berkelanjutan dari ujung ke pangkal daun.



Gambar 26. Gejala kekurangan unsur Kalium (Grundon *et al.* 1987)

4. **Magnesium (Mg)**

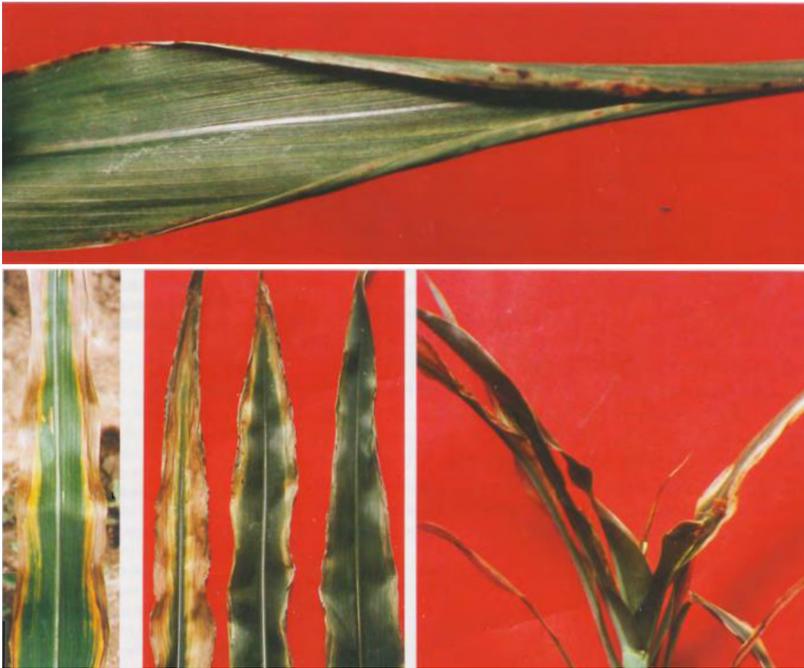
Tanaman yang mengalami kekurangan unsur hara magnesium akan menjadi kerdil dengan batang tipis. Daunnya biasanya pucat, terjadi perubahan warna daun dari hijau ke kuning dengan banyak bintik cokelat. Gejala berkembang pertama pada daun yang lebih tua dan berkembang ke atas pada daun muda. Ketika kekurangannya berat/parah, seluruh tanaman tampak berwarna hijau pucat. Ketika kekurangannya menjadi sangat parah, tepi daun yang lebih tua berubah menjadi cokelat, layu, dan mati.



Gambar 27. Gejala kekurangan unsur Magnesium (Grundon *et al.* 1987)

5. Salinitas dan keracunan

Kondisi salin terjadi ketika tanah di lingkungan akar mengandung zat terlarut berlebihan berupa garam, sering kali garam dalam bentuk natrium klorida atau sulfat). Garam terlarut pada konsentrasi tinggi, dapat meningkatkan tekanan osmotik dari larutan tanah dan membuat tanaman rentan terhadap kekeringan. Selain itu, akumulasi satu atau lebih elemen dalam tanah dapat menjadi toksisitas atau keracunan. Karena keracunan natrium, klorin, dan belerang menghasilkan gejala yang agak mirip, sehingga untuk mengetahui keracunan garam secara spesifik diperlukan analisis laboratorium. Gejala yang umum terjadi ketika keracunan garam adalah tanaman menjadi lembek dan muncul bagian yang layu. Daun berubah warna hijau kusam dan menjadi kasar saat disentuh. Awalnya, perubahan warna abu-abu berkembang dari ujung daun yang lebih tua dan menuju ke tepi daun. Warna abu-abu dengan cepat menjadi kuning, kemudian cokelat, sampai jaringan hijau yang sehat. Gejala lain adalah tepi daun terkadang bergulung ke atas, membentuk tabung di sepanjang setiap tepi selubung daun.



Gambar 28. Gejala salinitas (Grundon *et al.* 1987)

D. Gejala pada daun muda (Atas)

1. Kalsium (Ca)

Kekurangan Kalsium pada tanaman menyebabkan vigor menjadi rendah dan menunjukkan karakteristik sobek pada tepi daun bagian atas. Tepi daun biasanya berubah menjadi hijau pucat atau pucat kuning dan mudah robek dan menjadi bergerigi. Ketika kekurangan Ca berlanjut, ruas bagian atas menjadi sangat pendek dan daun muda mengumpul membentuk roset.



Gambar 29. Gejala kekurangan unsur Kalsium (Grundon *et al.* 1987)

2. Sulfur (S)

Gejala tanaman kekurangan hara sulfur adalah tanaman menjadi terhambat pertumbuhannya, daun berwarna hijau pucat hingga kuning, dan memiliki batang tipis. Awalnya, daun yang lebih tua berubah dari gelap menjadi hijau pucat. Klorosis kuning gelap terjadi pada tepi daun dari atas hingga pangkal. Akhirnya, tepi daun berubah coklat, dan daun-daun tua menjadi layu, mati, dan menggantung di batang bawah.



Gambar 30. Gejala kekurangan unsur Sulfur (Grundon *et al.* 1987)

3. Besi (Fe)

Kekurangan unsur hara besi ringan dapat menunjukkan gejala khas pada daun muda tanpa banyak mengurangi pertumbuhan. Gejala yang muncul adalah daun muda berwarna hijau pucat, kuning, atau warnanya hampir putih, dan tanaman memiliki batang tipis.



Gambar 31. Gejala kekurangan unsur Besi (Grundon *et al.* 1987)

4. Tembaga (Co)

Kekurangan tembaga dapat menurunkan pertumbuhan dan menyebabkan tanaman menjadi kerdil dengan buritan tipis dan daun berwarna hijau pucat. Daun menjadi menggulung dari sisi satu ke sisi lainnya. Terjadinya nekrosis berwarna coklat pucat dari ujung daun muda, kemudian menjadi layu, mati dan memutar menjadi spiral.



Gambar 32. Gejala kekurangan unsur Tembaga (Grundon *et al.* 1987)



5. Seng (Zn)

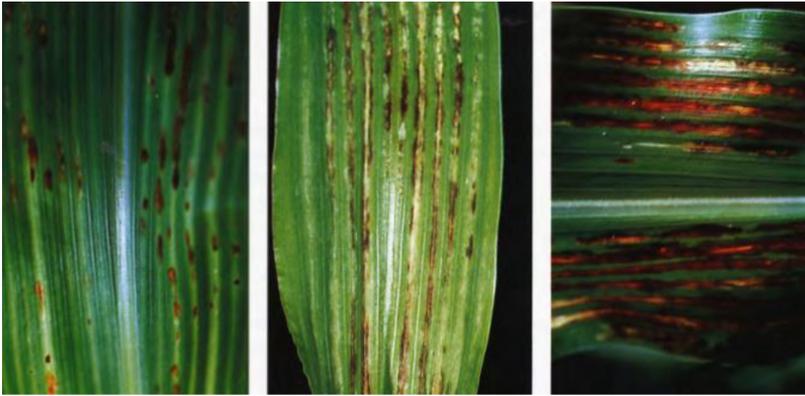
Kekurangan seng menyebabkan ruas menjadi sangat pendek, dan menjadi tanaman kerdil. Proses pembungaan dan penuaan biji menjadi lambat. Gejala pertama pada daun termuda saat membuka terjadi perubahan warna kuning pucat. Kemudian klorosis meluas ke arah ujung daun yang sering berubah menjadi putih atau kadang cokelat pucat.



Gambar 33. Gejala kekurangan unsur Seng (Grundon *et al.* 1987)

6. Mangan (Mn)

Gejala tanaman yang kekurangan mangan terjadi pada daun menjadi berwarna hijau pucat hingga kuning dan memiliki batang kurus tipis. Kekurangan mangan dapat menyebabkan kematian tanaman muda dan perkembangan yang lambat pada daun muda.



Gambar 34. Gejala kekurangan unsur Mangan (Grundon *et al.* 1987)

7. **Boron (B)**

Kekurangan boron dapat menekan pertumbuhan dan menyebabkan pemendekan ruas. Hal ini dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil yang parah. Jika dapat berproduksi, biji akan menjadi steril. Gejalanya adalah daunnya pendek dan gelap berwarna hijau. Daun menjadi rapuh dan mudah sobek atau pecah.



Gambar 35. Gejala kekurangan unsur Boron (Grundon *et al.* 1987)



Cara memperbaiki kekurangan hara

A. Pemupukan N, P, dan K

Pemupukan N, P, dan K pada tanaman sorgum yang kekurangan hara tersebut dapat dilakukan berdasarkan hasil dari analisis laboratorium. Hasil analisis kandungan hara pada tanah dan serapannya pada tanaman dapat menjadi acuan dosis pemberian pupuk. Rekomendasi pemupukan biasanya juga disesuaikan dengan spesifik lokasi. Pemberian pupuk juga disesuaikan dengan laju pertumbuhan tanaman. Fase awal atau ± 30 hari setelah tanam (HST), tanaman sorgum membutuhkan suplai hara yang sangat tinggi. Setelah ± 60 HST, tanaman sorgum memerlukan hara Nitrogen yang tinggi. Dosis rekomendasi pupuk N, P, dan K dapat dilihat pada Bab 3.

B. Pemberian pupuk organik dan mikro majemuk

Pemberian pupuk organik bertujuan untuk memelihara kesuburan tanah dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik beserta dampak negatifnya. Peran utama pupuk organik adalah sebagai sumber unsur hara bagi tanaman dan memperbaiki kesuburan kimia, fisik, dan biologi tanah. Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan atau manusia, seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos. Bentuk pupuk ini dapat berbentuk cair maupun padat.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan mengenai manfaat dan dosis pemberian pupuk organik pada tanaman sorgum. Pemberian pupuk organik kompos di Bali dengan dosis 1 ton/ha dapat menghasilkan produksi biji maksimal, sedangkan dosis 2 ton/ha dapat memberikan produksi biomassa tanaman yang maksimal (Londra *et al.* 2016). Di lokasi lain, pemberian pupuk organik dengan dosis 15 ton/ha dapat meningkatkan produksi biji pada varietas Numbu (Pramanda *et al.* 2015). Selain pupuk organik padat, pemberian pupuk organik cair dengan dosis 20 l/ha dapat meningkatkan berat 1000 biji sorgum (Lohay *et al.* 2017).



Tanaman sorgum yang mengalami kekurangan hara mikro dapat diberikan pupuk dalam komposisi majemuk dalam bentuk cair maupun padatan. Pupuk ini lebih mudah diaplikasikan karena mudah ditemui di pasaran dibandingkan pupuk mikro tunggal. Pupuk majemuk biasanya berisi Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl. Pemberian jenis pupuk mikro lebih sering diberikan melalui daun melalui penyemprotan. Pemberian nutrisi hara dalam bentuk cair melalui daun lebih efektif, karena unsur hara mikro yang dikandungnya lebih cepat diserap sehingga memacu pertumbuhan dan meningkatkan efisiensi metabolisme pada daun (Purohit & Majunder, 2009).

Daftar Pustaka

- Anonim. 2016. Identifying plant nutrient deficiencies. <https://desima.co/blog/identifying-plant-nutrient-deficiencies/>.
- Grundon NJ, Edwards DG, Takkar PN, Asher CJ, Clark RB. 1987. Nutritional disorders of grain sorghum. Australian Centre for International Agricultural Research.
- Lohay SY, Bahua MI, Pembengo W. 2017. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) berdasarkan pemberian pupuk organik cair dan jarak tanam berbeda. *Jurnal Agroteknotropika*, 6(2): 234-241.
- Livelihoods and Food Security Programme. 2017. Sorghum production training manual. <https://lfspzim.com/2017/05/27/sorghum-production-guide-now-available/>.
- Londra IM, Suratmini NP, Aribawa IB. 2016. Kajian pemanfaatan pupuk organik dan anorganik pada tanaman sorgum di lahan kering sebagai sumber pakan alternatif di Bali. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian, Banjarbaru, 20 Juli 2016.



- Pramanda RP, Hidayat KF, Kamal M. 2015. Pengaruh aplikasi bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas sorgum (*Sorghum bicolor* [L] Moench). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1):85-91.
- Purohit S, Majunder MK. 2009. Selection of high yielding rice variety from a cold tolerant three-way rice (*Oryza sativa* L.) cross involving *indica*, *japonica*, and wide compatible variety. *Middle-East J of Scientific Research*, 4(1): 28-31.



Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi di lahan sawah. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Sukajaya Kecamatan Sukajaya Kabupaten Sukoharjo. Penelitian ini menggunakan metode percobaan lapangan dengan menggunakan metode acak lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik cair berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi di lahan sawah.

MM
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen

M₂H
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat

MM
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat

M₂H
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat
Pusat Geoteknologi & Limbah Ilmu Pangan

MM
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat
Pusat Geoteknologi & Limbah Ilmu Pangan

MM
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat
Pusat Geoteknologi & Limbah Ilmu Pangan

MM
Inovasi teknologi pupuk organik cair dengan mikroba entrapmen dan humat
Pusat Geoteknologi & Limbah Ilmu Pangan





Bab 6

PERAN PUPUK HAYATI UNTUK MENDUKUNG PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN SORGUM

Arwan Sugiharto, I Made Sudiana

Pusat Riset Biologi – BRIN

Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46, Cibinong, Jawa Barat 16911, Indonesia

E-mail: arwa001@brin.go.id

Peran Bahan Pembawa (*Carrier Mikrob*) Dalam Mendukung Keberhasilan Pemanfaatan Mikroba

Mikroba sebagai bagian dari unit ekosistem memegang peran penting di alam. Peran positif mikroba pada tanaman ditunjukkan dengan menjadi bagian terdepan dalam proses penyiapan material organik untuk diserap oleh akar tanaman. Di samping itu, ada fungsi lain yang terkait dengan keberadaan mikroba dalam jaringan tanaman.

Peran mikroba sebagai agen biofertiliser maupun biokontrol menjadi topik riset yang sangat menarik dan terus digali. Arah pengembangan penanganan masalah kerusakan lingkungan, pengembangan pertanian organik serta pengendalian hama dan penyakit tanaman secara ramah lingkungan memungkinkan pemanfaatan mikroba lebih jauh. Aplikasi pemanfaatan mikroba harus mampu mengatasi masalah-masalah yang



dihadapi dan diperkirakan penanganannya. Pemanfaatan mikroba untuk keperluan aplikasi dalam skala yang luas harus memikirkan faktor efektivitas dan efisiensi.

Pemanfaatan mikroba terkait dengan aplikasi di lapangan untuk mengatasi masalah lingkungan maupun yang terkait bidang pertanian, perkebunan serta penanganan hama maupun penyakit tanaman dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan bahan pembawa (*carrier*) mikroba. Bahan pembawa terkadang menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari media perbanyakan mikroba itu sendiri. Perbanyakan maupun produksi sekunder metabolis dari mikroba yang memiliki kemampuan tertentu (*mikroba fungsional*) telah banyak dilakukan oleh perorangan maupun masyarakat komunitas organik dalam bentuk produksi pupuk organik hayati (POH) maupun pupuk organik cair (POC).

Beberapa penelitian penggunaan bahan-bahan alam untuk dijadikan media bahan pembawa mikroba juga telah dilakukan. Arang (dari sekam padi, batok kelapa maupun bagian tanaman lain), kompos, tanah hitam, batuan mineral, tanah gambut, ampas tahu, sabut kelapa, tandan sawit, tepung tapioka, beras yang tidak layak (Gambar 36) merupakan beberapa bahan pembawa yang bisa digunakan. Bahan pembawa akan dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber makanan dan tempat berlindung dari kondisi ekstrem lingkungan yang tidak menguntungkan. Penentuan jenis bahan pembawa biasanya juga disesuaikan dengan tujuan aplikasi mikroba itu sendiri. Beberapa jenis bahan pembawa tertentu dapat meningkatkan kemampuan mikroba baik sebagai biofertiliser, biodegradasi maupun bioremediasi bahan cemar (Bashan 1986; Daza *et al.* 2000; Ivanova *et al.* 2005; Albareda *et al.* 2008; Hayyan *et al.* 2009; Ponciano 2015; Anna *et al.* 2016; Czaban dan Barbara 2017). Namun demikian, beberapa hal perlu diperhatikan dalam memilih bahan pembawa mikroba, di antaranya adalah:



1. Bahan pembawa harus tidak bersifat racun, baik untuk mikroba, tanaman, lingkungan maupun manusia.
2. Bahan pembawa harus dapat melindungi mikroba dari pengaruh luar yang merugikan seperti perubahan pH, suhu maupun keterbatasan akan sumber air.
3. Bahan pembawa harus dapat diaplikasikan sesuai dengan kondisi lapangan.
4. Bahan pembawa minimal harus dapat mempertahankan populasi dan fungsi mikroba saat diaplikasikan.
5. Bahan pembawa harus murah dan mudah didapat.
6. Bila memungkinkan bahan pembawa dapat berfungsi sebagai cadangan bahan makanan bagi mikroba.
7. Bahan pembawa harus dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi mikroba.



Gambar 36. Beras tidak layak konsumsi bisa dijadikan media perbanyakan kapang sekaligus berfungsi sebagai bahan pembawa

Bila ditinjau dari sisi aplikasi, maka pemilihan bahan pembawa mikroba sebaiknya mempertimbangkan hal-hal yang terkait dengan :

1. Kebiasaan/adat/budaya masyarakat di kawasan aplikasi.
2. Tingkat pemahaman dan pendidikan masyarakat di kawasan aplikasi.
3. Sifat fisik dan kimia serta biologi tanah/material pada tempat aplikasi.
4. Kemudahan transportasi ke lokasi aplikasi.
5. Harga formula harus dapat terjangkau oleh pengguna.



Indonesia dengan keragaman kebiasaan/adat/budaya masyarakat terkadang memiliki tatanan nilai yang berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Beberapa bahan pembawa mikroba mungkin dapat diterapkan penggunaannya di satu daerah tertentu namun tidak dapat diterapkan di daerah lain. Selain kebiasaan/adat/budaya masyarakat yang berbeda terkadang tingkat pemahaman dan pendidikan masyarakat juga menjadi pembatas sosial dalam penerapannya.

Mencermati akan sifat fisik, kimia maupun biologi tanah menjadi salah satu kunci keberhasilan dalam aplikasi bahan pembawa mikroba yang tepat. Tanah dengan struktur lebih banyak mengandung liat akan lebih baik menggunakan bahan pembawa mikroba yang tidak mengandung perekat. Tanah liat pada daerah kering akan mudah kering dan menjadi keras apabila diberi asupan mikroba dengan bahan pembawa yang mengandung perekat (Gambar 37). Kondisi ini tentunya akan menjadi pembatas untuk perkembangan mikroba secara normal.



Gambar 37. Daerah kering, memerlukan bahan pembawa yang tepat yang dapat sebagai biofertiliser maupun fermentasi hijauan pakan ternak

Aplikasi mikroba fungsional pada lingkungan yang kering maka fungsi bahan pembawa menjadi sangat penting. Fungsinya di samping sebagai material pelindung mikroba, bahan pembawa sebaiknya memiliki kapasitas simpan air serta pelepasan air secara perlahan (Gambar 38). Kondisi ini sangat penting, sebab bahan pembawa mikroba akan sangat membantu mikroba menjadi berfungsi pada ekosistem kering serta membantu tanaman dalam mendapatkan nutrisi dan air (Gambar 39 dan 40).



Gambar 38. Hidrogel sebagai bahan pembawa yang mampu menyimpan air. Akar tanaman jagung akan bertumpu pada hidrogel untuk mengatasi kondisi lingkungan yang kering



Gambar 39. Pemberian inokulan mikroba yang diformulasikan dengan bahan pembawa yang tepat dapat mempercepat proses perkecambahan biji



Gambar 40. Aplikasi mikroba fungsional dengan komposisi bahan pembawa yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pangan maupun tanaman keras. Tanaman jagung dan jati emas pada usia tanam yang hampir sama (3 bulan) dapat memiliki tinggi yang sama

Tahapan awal yang penting dalam aplikasi mikroba fungsional adalah perbanyak mikroba itu sendiri. Perbanyak mikroba dapat dilakukan dengan menggunakan media jenis padat maupun cair. Pemilihan jenis media untuk perbanyak sangat tergantung kepada jenis mikroba yang akan diperbanyak serta bentuk hasil akhir yang diinginkan. Sebagai contoh, perbanyak media untuk *Aspergillus niger*, bila ingin mendapatkan spora, maka sebaiknya menggunakan media padat, akan tetapi bila hasil akhir yang diharapkan adalah hifa, maka dapat menggunakan media cair (Gambar 41).



Gambar 41. Perbanyak sederhana *Aspergillus niger* untuk menghasilkan spora dengan media padat (A) dan hifa dengan media cair (B)

Media perbanyak mikroba juga dapat difungsikan sebagai media pembawa, baik dalam bentuk padat maupun cair. Hal ini terutama bila kita mengharapkan adanya produk metabolit sekunder (hormon, *enzim*) yang dihasilkan oleh mikroba yang kita perbanyak, seperti hormon pertumbuhan (*IAA*) dan sebagainya. Bila akan menambahkan bahan yang dianggap perlu guna lebih mengoptimalkan fungsi mikroba yang diperbanyak, maka yang harus menjadi perhatian adalah bahan pembawa yang diberikan tidak akan merusak metabolit sekunder yang telah dihasilkan, baik melalui proses yang sifatnya kimia, fisika maupun biologi. Persyaratan ini tidak hanya berlaku untuk mikroba kapang, melainkan juga untuk bakteri, *yeast* maupun khamir.

Melakukan identifikasi bentuk mikroba yang akan dicampur pada bahan pembawa merupakan hal yang harus diperhatikan. Biasanya bentuk mikroba yang akan diaplikasikan sangat bergantung pada tujuan aplikasi serta tempat atau lokasi aplikasi. Aplikasi mikroba pada tempat dengan faktor pembatas berupa suhu atau kondisi di mana air menjadi faktor pembatas, maka aplikasi dalam bentuk spora akan lebih tepat. Penentuan selanjutnya adalah menentukan jenis bahan pembawanya. Sebaiknya memilih bahan pembawa yang dapat menyerap air (daya absorpsi tinggi). Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah ukuran spora serta bisa tidaknya spora melekat pada bahan pembawa. Material dengan tekstur



berpori (porositas) tinggi umumnya dapat digunakan. Beberapa batuan mineral seperti bentonit dan zeolit dapat dijadikan salah satu alternatif bahan pembawa yang baik untuk kondisi ini. Selain memiliki porositas yang tinggi, bentonit dan zeolit (Gambar 42) juga dapat berfungsi sebagai penampung air di mana air tersebut nantinya dapat digunakan saat kondisi kering.



Gambar 42. Pemanfaatan bahan mineral zeolit sebagai bahan pembawa mikroba untuk tanaman sorgum, di mana akar tanaman akan melekat pada zeolit terutama dalam kondisi stres air

A. Bahan pembawa

Bahan pembawa yang digunakan biasanya disesuaikan dengan jenis mikroba yang akan diaplikasikan, tujuan aplikasi, kondisi lokasi serta ketersediaan material pada lokasi aplikasi. Pertimbangan menggunakan



bentuk bahan pembawa yang tepat akan dapat menekan biaya produksi formula, serta efektivitas dan efisiensi produk formula. Namun demikian, bahan pembawa umumnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu dalam bentuk cair dan padat.

Pemilihan material formula dalam bentuk cair biasanya digunakan untuk aplikasi mikroba yang berhubungan dengan biokontrol, penanganan pencemaran limbah pada material permukaan, biostimulasi formula yang berhubungan dengan metabolik sekunder mikroba, formula mikroba untuk biofertilizer, formula mikroba untuk campuran pakan ternak. Kondisi lokasi aplikasi untuk bahan pembawa mikroba dalam bentuk cair sebaiknya menghindari hal-hal yang terkait dengan kondisi material yang kering, intensitas hujan yang berlebih serta perubahan lingkungan aplikasi yang ekstrem, seperti pH dan suhu. Kondisi-kondisi tersebut dikhawatirkan akan mampu mengurangi efektivitas kerja mikroba fungsional yang ada dalam formula cair tersebut. Hal lain yang perlu diperhatikan dari penggunaan bahan pembawa dalam bentuk cair adalah ketersediaan akan makanan untuk mikroba bahan pembawa fungsional serta adanya hasil samping dari proses "*fermentasi*" media berupa gas dapat menghambat atau merusak hasil metabolisme sekunder yang kita inginkan.

Bahan pembawa dalam bentuk padat umumnya mudah didapat di sekitar kita. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan pembawa padat di antaranya adalah ukuran material, porositas serta daya serap material terhadap air. Material dengan porositas tinggi serta memiliki nilai penyerapan tinggi terhadap air biasanya baik digunakan sebagai bahan pembawa. Lebih sempurna bila material padat yang digunakan sebagai bahan pembawa tersusun atas bahan hidrokarbon yang dapat berfungsi sebagai cadangan makanan bagi mikroba. Tepung yang berasal dari limbah pengolahan ketela pohon, atau batuan mineral merupakan dua jenis bahan pembawa padat yang baik digunakan. Formula mikroba dengan bahan pembawa padat memiliki beberapa keunggulan, seperti kemudahan dalam pengemasan dan transportasi jarak jauh serta aplikasinya (Gambar 43). Formula bahan pembawa padat juga tidak mudah tercuci oleh air yang berlebih.



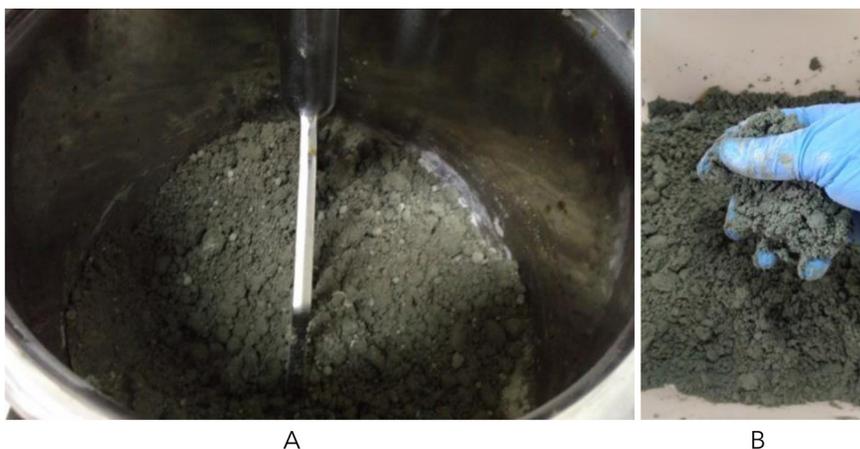
Gambar 43. Tablet merupakan salah satu formulasi mikroba dan bahan pembawa dalam bentuk padat.

B. Perekatan mikroba pada bahan pembawa

Bahan pembawa sangat diperlukan untuk menjaga mikroba yang akan diaplikasikan di lapangan agar tetap memiliki efektivitas dan efisiensi tinggi. Perekatan mikroba pada bahan pembawa dapat terjadi secara

1. Mikroba akan menempel pada bahan pembawa.
2. Mikroba akan masuk ke dalam bahan pembawa
3. Mikroba akan menjadi bagian dari bahan pembawa

Proses pencampuran inokulan mikroba fungsional dengan bahan pembawa dilakukan dengan mempertimbangkan jenis bahan pembawa. Pencampuran dapat dilakukan secara mekanik (dengan menggunakan mesin), maupun manual (Gambar 44). Hal lain yang perlu diperhatikan dalam proses pencampuran ini adalah suhu dan pH dari material pembawa. Kisaran yang baik untuk suhu adalah 27°C – 29°C, dengan pH 6,5 – 7,5.



Gambar 44. Pencampuran inokulan mikroba fungsional dengan bahan pembawa padat, dapat dilakukan secara mekanik/mesin (A) atau manual (B)

C. Kemasan produk formula

Produk pupuk hayati maupun pupuk organik yang telah diformulasikan dengan bahan pembawa mikroba dapat dikemas dalam bentuk cair maupun padat (Gambar 45). Bentuk kemasan sangat ditentukan jenis dan efektivitas mikroba, kemudahan dalam aplikasi dan distribusi serta kondisi lapangan pada lokasi aplikasi. Kemasan dalam bentuk cair sangat cocok diaplikasikan dengan menggunakan alat semprot untuk aplikasi di bagian atas tanaman, di permukaan tanah dan di atas air. Formula dalam bentuk butiran yang dapat ditabur atau tablet dianjurkan untuk aplikasi dalam tanah. Kelebihan formula dalam bentuk cair adalah material formula dan kandungan yang terdapat di dalamnya akan dapat kontak langsung dengan objek yang dikehendaki. Namun demikian, formula ini akan mudah tercuci oleh air bila terjadi hujan atau tersiram. Hal sebaliknya terjadi pada formula dalam bentuk kemasan padat.



Gambar 45. Mikroba fungsional yang dikemas dalam bentuk cair, padat serta tablet

D. Batuan mineral sebagai bahan pembawa mikroba (*carrier*)

Bahan pembawa mikroba menjadi bagian yang penting dalam aplikasi mikroba fungsional. Adanya bahan pembawa tidak hanya memberikan efek positif terhadap mikroba, tapi juga terhadap tanah dan proses yang terjadi di dalam tanah. Beberapa bahan pembawa mikroba berupa batuan mineral, seperti bentonit maupun zeolit bahkan dapat digunakan secara tunggal sebagai pupuk guna menambah unsur mineral dalam tanah. Tanah yang bersifat liat yang mudah mengalami pencucian, maka penambahan bentonit maupun zeolit sangat dianjurkan. Beberapa sifat bentonit maupun zeolit bila digunakan sebagai bahan pembawa mikroba di antaranya:



1. Penambahan bentonit atau zeolit akan mampu mengurangi pencucian tanah, meningkatkan daya serap air dan memperlambat daya lepas air.
2. Meningkatkan daya serap tanah terhadap bahan yang larut dalam air.
3. Penggunaan bentonit sebagai bahan pembawa mikroba dapat mengurangi bahkan menghilangkan bau (amoniak dan hidrogen sulfida) dengan biofilter dan *bioscrubbers*.
4. Penambahan bentonit dan zeolit pada kotoran hewan dapat meningkatkan kualitas kompos.
5. Bentonit dapat meningkatkan degradasi bahan organik dan karbon organik.
6. Meningkatkan nitrogen total dan fosfor total dalam tanah.
7. Meningkatkan imobilisasi logam berat seperti Cu dan Zn.
8. Bentonit maupun zeolit dapat berfungsi sebagai bahan penyangga.
9. Efek bentonit maupun zeolit dipengaruhi oleh konsentrasi, infiltrasi dan tekanan.

E. Aplikasi mikroba fungsional

Umumnya formula mikroba yang dibuat dengan bahan pembawa merupakan formula master, artinya formula di mana populasi mikroba yang terdapat didalamnya memiliki populasi yang padat. Hal ini penting, sebab kepadatan populasi mikroba akan sangat memegang peran dalam proses mineralisasi yang terjadi dalam tanah. Beberapa kasus menunjukkan formula master dapat dicampur dengan kompos. Pencampuran ini akan mampu meningkatkan kualitas kompos yang akan digunakan. Perbandingan yang digunakan dalam pencampuran formula master dengan kompos berkisar antara 1:100. Artinya 1 kg inokulan master, dapat dicampur dengan 100 kg kompos (Gambar 46). Setelah dicampur, kompos dapat langsung digunakan.



Gambar 46. Pencampuran formula inokulan berbahan carrier zeolit dengan kompos

Pemberian formula mikroba dengan bahan pembawa yang tepat dapat merangsang pertumbuhan tunas baru serta pembungaan (Gambar 48 dan 49). Sebaliknya pemberian yang kurang tepat, seperti terlalu banyak serta tempat pemberian formula yang tidak tepat akan dapat mengganggu proses mineralisasi yang terjadi dalam tanah. Kondisi ini akan mengakibatkan tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik. Penggunaan formula yang tidak tepat dapat mengganggu sistem mikro irigasi pada daerah yang diberikan formula. Beberapa bahan formula dapat menjadi keras dan menghalangi air masuk dalam pori-pori tanah (Gambar 47). Kondisi ini akan dapat mengakibatkan distribusi air yang tidak merata pada sistem perakaran tanaman. Bila ini terjadi maka perkembangan tanaman akan terganggu, serta proses mineralisasi dalam tanah tidak dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 47. Pemberian bahan pembawa bentonit pada permukaan dan dalam jumlah yang berlebih dapat menghambat infiltrasi air ke dalam tanah



Gambar 48. Aplikasi mikroba fungsional berbahan biocarrier zeolit dan kompos terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman sorgum



Gambar 49. Pemberian mikroba fungsional yang diformulasikan dengan bahan pembawa akan mampu merangsang pertumbuhan tunas baru dan pembentukan bunga

F. Aplikasi formula mikroba fungsional pada lahan terpapar kering

Pemanfaatan mikroba fungsional pada bidang pertanian, tidak hanya terbatas pada lahan basah, tapi juga bisa dilakukan pada lahan kering. Sebagian masyarakat Indonesia yang menggantungkan hidup dari sektor pertanian untuk memenuhi keperluan pangan dan pakan hidup pada daerah terpapar kering. Umumnya di daerah kering, keterbatasan akan unsur hara yang dikandung oleh tanah dan minimnya air menjadi kendala utama dalam kegiatan pertanian. Pemberian formula inokulan dengan bahan pembawa tertentu dapat meningkatkan produk pertanian di daerah kering (Gambar 50).



Gambar 50. Penggunaan bahan pembawa mikroba yang tepat pada tanaman jagung akan dapat membantu tanaman dalam mengatasi lingkungan tercekam kering

G. Cara aplikasi formula

Umumnya formula mikroba yang ditemukan di pasaran mengandung bahan pembawa berbentuk cair. Sangat jarang dijumpai formula mikroba yang mengandung bahan pembawa berbentuk padat. Seperti telah diterangkan di atas, aplikasi formula mikroba berbentuk cair (sering disebut Pupuk Organik Cair/POC, atau Pupuk Organik Hayati/POH) dan padat (seperti serbuk, pelet maupun tablet) sangat tergantung pada faktor adatip seperti suhu udara, kelembapan tanah, serta faktor fisik tanah lainnya. Petunjuk umum penggunaannya biasanya sudah tercantum pada kemasan formula. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari aplikasi mikroba yang menggunakan bahan pembawa, harus mengikuti petunjuk yang tertera pada kemasan, seperti kapan waktu yang tepat dilakukan aplikasi (pagi atau sore hari), dosis yang sebaiknya diberikan dengan perbandingan pengenceran, serta cara aplikasinya.



Daftar Pustaka

- Albareda M, Dulce NRN, Mari'a C, Francisco JT. 2008. Alternatives to peat as a carrier for rhizobia inoculants: Solid and liquid formulations. *Soil Biology and Biochemistry*, 1-9.
- Anna Dzionek, Danuta W, Urszula G. 2016. Natural carriers in bioremediation: A Review. *Elec. J. Of Biotech*, 23: 28-36.
- Bashan Y. 1986. Alginate Beads as Synthetic Inoculant Carriers for Slow Release of Bacteria That Affect Plant Growth. *App. and Environ Microbiol*, (51):5, 1089-1098.
- Czaban J, Barbara W. 2017. The Effect of bentonite on the survival of *Axotobacter chroococcum* in Sandy Soil. In a Long-Term Plot Experiment. *Pol. J. Environ. Stud.* 26(1): 1-8.
- Daza A, Santamaria C, RodrõÃguez-Navarro DN, Camacho M, Orive R, Temprano F. 2000. Perlite as a carrier for bacterial inoculants. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 567-572.
- Hayyan IAl-T, Mohammad BO, AidilAH, Wan Mohtar WY. 2009. Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 1(4): 79-82.
- Ivanova E, Ernest T, Denis P. 2005. Macrocapsules as inoculants carriers for production of nitrogen biofertilizers. *Proceedings of The Balkan Scientific Conference of Biology in Plovdiv (Bulgaria)*. Pp. 90-108.
- Ponciano GY. 2015. Enhanced BM inoculant using bio carrier for bioremediation. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(4): 1043-1050



Sri Widawati, Suliasih

Pusat Riset Biologi – BRIN

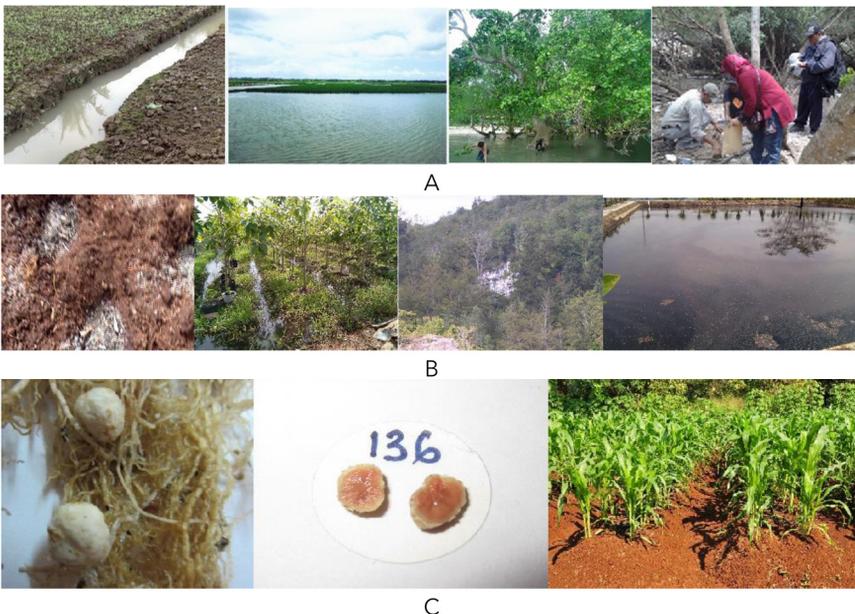
Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46, Cibinong 16911, Indonesia

E-mail: sri.widawati@brin.go.id

Prosedur Pengambilan Sampel, Isolasi, Purifikasi, dan Pembuatan Pupuk (Inokulan)

A. Prosedur pengambilan sampel

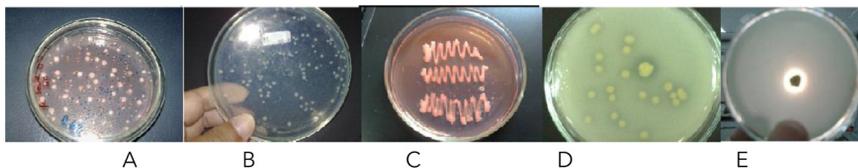
Sampel tanah dikumpulkan secara acak dari tanah terbuka, rhizosphere, non-rhizosphere dan nodul tanaman legum dari berbagai ekosistem di Indonesia (Gambar 51A, B, dan C)



Gambar 51. Pengambilan sampel di (A) Ekosistem salin: ladang dan sawah pesisir pantai, mangrove zona payau dan tengah, (B) Ekosistem asam: Gambut kering, gambut basah, pegunungan, kolam pembuangan limbah sawit, (C) Bintil akar dan ekosistem tanah subur



Sampel tanah diambil pada kedalaman 20 cm, dikering anginkan, diayak (ukuran <2 mm mesh no. 10). Selanjutnya 10 gram tanah dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang mengandung 90 mL akuades steril dan dikocok pada shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 60 menit. 1 mL ekstrak diambil untuk dilakukan seri pengenceran dari 10^{-1} - 10^{-7} dan pada ekstrak 10^{-3} , 10^{-5} , dan 10^{-7} . Setelah itu diambil 0,2 mL dan dimasukkan dalam petri setril yang berisi media selektif dengan pH 7,0. Isolasi bakteri dari bintil akar dilakukan dengan cara membelah bintil yang sudah bersih dan diambil yang berwarna merah, kemudian langsung ditanam ke dalam petri yang sudah berisi media selektif. Media selektif yang digunakan untuk *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan bakteri pelarut fosfat adalah: YEMA (10 g manitol; 0,5 g K_2HPO_4 ; 0,2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,1 g NaCl; 1,0 g ragi, 20 g agar; 1 L aquadest + Kongo merah 2,5 ml/L dalam 1% larutan), manitol Ashby (20 g manitol; 0,2 g K_2HPO_4 ; 0,2 g $MgSO_4 \cdot 0,2$ g $7H_2O$; 0.1 g NaCl; K_2SO_4 ; 5 g $CaCO_3$; 20 g agar; 1 L aquadest), media Caceres (0,5 g K_2HPO_4 ; 0,2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,1 g NaCl; ekstrak 0,5 g Ragi; 0,02 g $CaCl_2$, 0,01 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$; 5,09 g DL Asam malat, 4,8 g KOH; 20 g Agar; 0,25% Kongo merah 15 mL/L, 1 L akuades), dan Pikovskaya (10 g glukosa, 5 g $Ca_3(PO_4)_2$; 0,2 g NaCl; 2,5 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 2,5 mg $MnSO_4 \cdot 2H_2O$; 2,5 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; 5 g ekstrak ragi; 20 g agar, 1 L akuades), selanjutnya diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Hasil bakteri yang tumbuh dimurnikan hingga didapatkan koloni tunggal (Gambar 52).

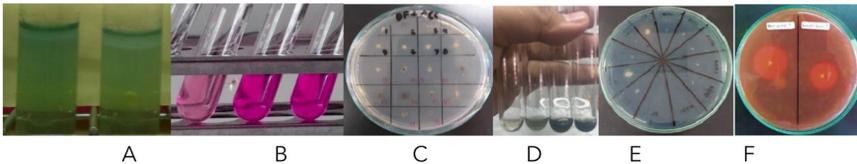


Gambar 52. *Rhizobium* (A), *Azotobacter* (B), *Azospirillum* (C), dan bakteri pelarut fosfat yang diindikasikan dengan zona bening disekeliling koloni bakteri (D, E)

Efektivitas bakteri untuk menjadi biostimulan atau biofertilizer harus dilakukan karakterisasi melalui seleksi aktivitas nitrogenase (Dobereiner, 1995), analisis produksi IAA (Mehboob *et al.* 2010), analisis produksi ACC-



deaminase (Dworkin dan Foster, 1958), analisis fosfatase (Tabatabai & Bremner, 1969), analisis produksi siderofor (Alexander & Zuberer, 1991), analisis selulolitik (Ponnambalam *et al.* 2011). (Gambar 31)



Gambar 53. Karakterisasi bakteri A. Aktivitas nitrogenase (diindikasikan dengan cincin putih), B. Analisa IAA (diindikasikan dengan warna pink), C. Analisis ACC-deaminase (diindikasikan dengan tumbuhnya koloni di media DF+ACC) (C), D. Analisa fosfatase (diindikasikan dengan warna biru), E. Analisis siderofor (diindikasikan dengan koloni bakteri yang berwarna kuning), F. Analisis selulose (diindikasikan dengan zona bening di sekeliling koloni bakteri)

Bakteri yang mempunyai hasil analisis aktivitas yang tinggi kemudian dibuat inokulan cair (tunggal). Kemudian inokulan diujikan pada perkecambahan tanaman (Gambar 54) serta diidentifikasi.



Gambar 54. Inokulan cair dan uji efektivitas inokulan cair pada perkecambahan

Bakteri yang terkarakterisasi dan teridentifikasi dijadikan agen biostimulan untuk kesehatan tanah dan tanaman. Pembuatan agen biostimulan dimulai dari meremajakan masing-masing isolat. Peremajaan



kembali dilakukan pada media nutrient agar (NA) dan diinkubasi 5 hari pada suhu ruang 27 °C- 30 °C. Kemudian bakteri ditransfer ke dalam tabung Erlenmeyer yang mengandung 250 ml media NA cair dan dishaker dengan kecepatan 120 rpm selama 5 hari atau sampai populasi bakteri mencapai 10^8 CFU – 10^9 CFU per 1 mL ekstrak. Selanjutnya konsorsia inokulan cair dibuat dengan cara ekstrak bakteri atau semua formula inokulan cair ditransfer ke tabung Erlenmeyer yang berisi 2 L media NA (plus stirrer) dan diinkubasi selama 5 hari di atas magnetic stirrer plate. Kemudian konsorsia tersebut (2 L) diinokulasikan dalam 5 Kg bahan pembawa steril yang terdiri dari 50 % kompos steril + 50% zeolite halus steril, diinkubasi pada suhu 27 °C-30 °C selama 7 hari. Inokulan padat tersebut disebut agen biostimulan, efektif jika diinokulasikan pada tanaman setelah inkubasi 7 hari atau setelah kerapatan populasi bakteri mencapai 10^8 CFU – 10^9 CFU per 1 gram inokulan padat. Selain dalam bentuk padat juga dapat dikemas dalam bentuk cair dalam botol dan dalam bentuk granul (Gambar 55).



Gambar 55. Berbagai bentuk formulasi mikroba. A. Mikroba biovertilizer, B. Inokulan padat, C. Inokulan cair, D. Inokulan bentuk granul



Daftar Pustaka

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Edition. John Wiley and Sons. New York
- Dobereiner J. 1995. Isolation and identification of aerobic nitrogen fixing bacteria from soil and plant. In: K Alef and P Nannipieri (Eds) *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. London, UK. 134-141.
- Dworkin M, Foster J. 1958. Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. *J Bacteriol* 75: 592–601
- Mehboob A, Stal LJ, Hasnain S. 2010. Production of indole-3-acetic acid by the cyanobacterium *Arthrospira platensis* strain MMG-9. *J. Microbiology Biotechnol*20 (9): 1259–1265
- Ponnambalam AS, Deepthi RS, Ghosh AR. 2011. Qualitative Display and Measurement of Enzyme Activity of Isolated Cellulolytic Bacteria. *Research Article, Biotechnol. Bioinf. Bioeng.* 1(1):33-37.
- Tabatabai MA., Bremner, J.M. 1969. Use of pnitrophenyl phosphate for assay of soil phosphate activity. *Soil Biology*.1:301-307.



Indriati Ramadhani

Pusat Riset Biologi – BRIN

Jl. Raya Jakarta Bogor, Km 46, Cibinong 16911, Indonesia

E-mail: indriatiramadhani@gmail.com

Produksi Inokulum Arbuskula sebagai Pupuk Hayati

Penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus untuk lahan pertanian saat ini memiliki dampak merusak terhadap lingkungan. Penurunan kesehatan tanah dapat terjadi karena penggunaan pupuk kimia yang tidak terkendali. Seiring berkembangnya teknologi di bidang pertanian, pupuk kimia kini telah digantikan oleh pupuk hayati menggunakan mikroba potensial. Pupuk hayati berbasis mikroba memiliki prospek yang baik bagi lingkungan karena dapat mengurangi distribusi lingkungan. Penggunaan pupuk hayati dapat membantu nutrisi pada tanaman, meningkatkan pertumbuhan menjadi lebih baik dan dapat meningkatkan hasil. Salah satu mikroba yang digunakan sebagai pupuk hayati adalah mikoriza arbuskula (MA).

Mikoriza arbuskula adalah simbiosis mutualisme antara jamur tanah dan akar tanaman. Jamur MA adalah biotrof obligat karena sumber karbonnya bergantung pada tanaman inang. MA membentuk struktur baru yang menghasilkan simbiosis yang menarik, yaitu vesikula, arbuskula, apresoria, hifa bercabang, dan spora. Struktur baru ini perlu dipahami untuk mengetahui struktur perubahan simbiotik. Jamur MA adalah jamur Glomeromycota. Beberapa genera dari kelompok Glomeromycota adalah *Glomus*, *Paraglomus*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Archaeospora*, dan *Entrophospora*. Setiap genus memiliki morfologi spora yang berbeda. Spora menjadi struktur penting untuk multiplikasi mikoriza arbuskula dalam produksi pupuk hayati berbasis MA (Smith & Read 2008). Sorgum sering digunakan sebagai tanaman inang untuk memperbanyak jamur MA karena dapat menghasilkan sistem akar yang dikembangkan (Simpson & Daft 1990).



Jamur MA dapat diperbanyak dengan menginokulasi tanaman inang dan menumbuhkannya dalam pot kultur. Kultur pot ini dapat mengandung tanah, propagasi jamur MA seperti spora dan fragmen hifa, dan fragmen akar, yang juga dapat digunakan sebagai inokulum. Beberapa metode telah dikembangkan dalam produksi inokulum jamur MA. Ada 3 metode utama yang dapat digunakan dalam memproduksi inokulum jamur MA, yaitu sistem produksi berbasis substrat, bebas substrat, dan *in vitro* (Ijdo *et al.* 2011).

Metode produksi massal mikoriza arbuskula (MA)

A. Sistem produksi berbasis substrat

1. Inokulum kultur pot

Jamur MA bersifat biotrof obligat, sehingga mereka tidak dapat hidup tanpa simbiosis dengan inangnya. Teknik produksi kultur inokulum pot adalah menumbuhkan secara bersamaan/*dual culture* antara tanaman inang dan jamur MA. 3 komponen penting dalam kultur ganda adalah jamur MA, inang yang cocok, dan substrat yang cocok (Singh 2002).

a. Pemilihan jamur MA yang efisien

Beberapa faktor harus dipertimbangkan, termasuk efektivitas, tingkat pertumbuhan dalam budaya, dan sumber isolat. *Glomus mosseae* mampu menginfeksi *Sorghum bicolor* dengan baik (Hawkin & George 1997).

b. Pemilihan tanaman inang yang cocok

Pemilihan tanaman inang untuk produksi jamur MA sangat mempengaruhi sporulasi jamur dan pembentukan mikoriza, yang menyebabkan tingkat inokulum. Parameter terpenting dalam memilih tanaman inang adalah apakah tanaman dapat mentolerir kondisi pertumbuhan rumah kaca seperti suhu, intensitas cahaya, dan parameter lingkungan lainnya. Kondisi ini juga harus sesuai dengan kondisi pertumbuhan jamur MA (Singh 2002).



c. Pilih substrat yang cocok

Memilih media pertumbuhan yang cocok dapat memberikan persentase tertinggi kolonisasi akar dan juga produksi spora yang tinggi. Beberapa media yang sering digunakan untuk membuat inokulum MA adalah pasir murni (Millner & Kitt 1992), gambut (Ma *et al.* 2007), vermikulit (Douds *et al.* 2006), perlit (Lee & George 2005), kompos (Douds *et al.* 2005, 2006), dan lempung terkalsinasi (Plenchette *et al.* 1982). Beberapa media seperti vermikulit dan perlit adalah substrat yang inert (Douds *et al.* 2005, 2006).

pH tanah adalah parameter penting dalam pembuatan inokulum jamur MA. pH tanah harus cocok dengan pH tanah tempat jamur MA diisolasi. Nutrisi fosfat juga merupakan parameter yang sangat penting dalam produksi inokulum. Konsentrasi P optimal tergantung pada tanaman inang, tanah, dan isolat jamur. Secara umum, kolonisasi jamur MA terjadi dalam kondisi konsentrasi fosfat rendah (Smith & Read 2008). Larutan Hoagland konsentrasi penuh (*full-strength*) dan setengah konsentrasi (*half-strength*) sering digunakan sebagai sumber nutrisi untuk produksi inokulum (Douds *et al.* 2006).

Produksi inokulum kultur pot dapat menggunakan kombinasi dari beberapa substrat yang berbeda, termasuk kombinasi perlit - tanah - rumput (Sreenivasa & Bagyaraj 1990); kombinasi pasir-jagung (Millner & Kitt 1992); dan kombinasi kompos-vermikulit (Douds *et al.* 2014).

2. Produksi inokulum MA di lahan pertanian

Produksi di lahan dapat menggunakan media tanah untuk produksi inokulum MA. Kultur starter pertama kali diproduksi dalam kultur pot, kemudian kultur dipindahkan ke area pembibitan selama 3-4 bulan atau bahkan hingga 3 tahun. Percobaan perbanyakkan *Glomus manihotis* dengan *Brachiaria decumbens* sebagai tanaman inang mampu menghasilkan 70 spora/g tanah setelah 4 bulan di lapangan (Sieverding 1987).



B. Sistem Budidaya bebas substrat

1. Produksi inokulum MA dengan sistem aeroponik

Aeroponik dalam produksi jamur MA adalah metode di mana akar tanaman inang dan jamur MA disemprotkan dengan larutan nutrisi (Zobel *et al.* 1976). Keuntungan menggunakan metode ini adalah aerasi dalam media kultur meningkat dengan adanya penyemprotan mikrodroplet. Wadah tempat akar tanaman inang dan jamur MA ditanam harus dilindungi dari sinar matahari langsung, dan kemudian ganggang tidak dapat tumbuh (Jarstfer & Sylvia 1995). Selain itu, pertukaran gas pada akar akan terjadi karena adanya film cair. Produksi inokulum dengan kultur aeroponik menyebabkan tanaman inang bersih dari serpihan tanah. Metode ini dapat menghasilkan inokulum jamur MA yang lebih banyak dan lebih layak (Tester *et al.* 1991).

2. Produksi inokulum MA dalam kultur hidroponik

Metode hidroponik untuk produksi inokulum MA menggunakan tanah liat yang diperluas dari stok kultur MA jamur yang mengandung spora dan miselia dari jamur MA. Akar tanaman inang akan diperoleh dalam jumlah besar dengan miselium ekstramatrikal dan klamidospora melalui metode ini. Jamur MA diinokulasi ke tanaman inang, kemudian dipindahkan ke larutan nutrisi, hubungan antara akar tanaman dan jamur MA akan menyebar ke cairan (Dugassa *et al.* 1995).

3. Produksi inokulum MA dengan teknik film nutrisi

Metode teknik film nutrisi menggunakan tanaman inang yang telah terinfeksi oleh jamur MA, kemudian ditempatkan di wadah yang dikeringkan dengan lapisan larutan nutrisi. pH larutan nutrisi dan zat tambahan nutrisi lainnya dapat mengikuti kondisi pertumbuhan setiap isolat jamur MA. pH larutan nutrisi dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing isolat (Douds *et al.* 2000).



C. Sistem produksi *in vitro*

Penanaman inokulum MA secara *in vitro* pertama kali dilaporkan oleh Mosse (1959). Jamur MA berhasil dikaitkan dengan akar tomat dan semanggi merah pada media gel (Mosse & Hepper 1975). St-Arnaud *et al.* (1996) menggunakan metode *split-plate* untuk memfasilitasi asosiasi jamur MA dengan akar dan meningkatkan produksi propagul. Ada 2 metode penanaman *in vitro* inokulum MA, yaitu *in vitro* pada tanaman yang ditanam secara mikro dan *in vitro* pada akar yang ditransformasi Ri t-DNA (Singh 2002).

1. Tanaman yang ditanam secara mikro

Metode ini menggunakan jamur MA dan membudidayakan kultur axenic ganda untuk menghasilkan sporulasi MA dan menghasilkan biomassa yang luas. Potongan 0,5 cm akar MA adalah inokulum awal untuk menghasilkan jumlah besar dari propagul (Diop *et al.* 1994). Akar planlet tanaman *in vitro* diinokulasi spora jamur MA yang telah disterilkan permukaannya. Setelah 40 hari, planlet dipindahkan ke pot dan dirawat di rumah kaca (Mathur & Vyas 1995).

2. Metode *in vitro* pada Ri-DNA yang mentransformasi akar

Metode ini menggunakan kultur *in vitro* ganda dari jamur MA dan akar-akar transformasi Ri t-DNA. Sistem kultur organ akar mendukung kolonisasi jamur MA untuk menghasilkan vesikula dan arbuskula dalam jumlah besar (Declerck *et al.* 1996). Pembentukan MA dalam kondisi aseptik terus terjadi dengan peningkatan persentase kolonisasi akar yang terinfeksi jamur MA. Secara genetik, spora yang diproduksi menggunakan metode ini tidak berbeda dengan spora yang dihasilkan oleh metode konvensional (Gadkar & Adholeya 2000).

D. Persiapan inokulum kultur pot

Metode yang paling mudah untuk mendapatkan inokulum MA adalah dengan metode kultur pot. Jamur MA diperbanyak bersamaan dengan membudidayakan tanaman inang menggunakan kultur pot (Gambar 34).



Prosedur (Brundrett *et al.* 1996):

1. Spora MA diseleksi dengan menggunakan mikroskop stereo dari sampel tanah dari lokasi penanaman. Setelah itu spora-spora tersebut dipisahkan dari sampel tanahnya dengan menggunakan metode pipetan dan sentrifuse sukrosa. Spora yang terseleksi kemudian diidentifikasi berdasarkan karakteristik morfologinya.
2. Sebelum melakukan perbanyakan dengan metode kultur pot, spora-spora MA yang sehat diperbanyak dalam kultur spora tunggal dengan cara menempelkan spora tersebut pada media kertas saring yang steril atau dengan menggunakan media yang steril pada wadah yang tertutup seperti cawan petri atau botol kultur jaringan.
3. Kultur spora tunggal tersebut diberi setengah dosis pupuk Phosphate
4. Pertumbuhan spora diamati dengan menggunakan mikroskop stereo setiap minggu.
5. Setelah 3-4 minggu, pertumbuhan hifa dan jaringan lainnya akan terbentuk..
6. Kultur pot dimulai dengan memindahkan media penanaman yang sudah diinokulasi dengan spora MA ke dalam wadah yang lebih besar.
7. Kultur tersebut selanjutnya diberikan lagi setengah dosis pupuk phosphate untuk merangsang perbanyakan spora MA.
8. Kultur pot tersebut selanjutnya disimpan di rumah kaca selama 1-2 bulan supaya menghasilkan sejumlah spora-spora sesuai yang diinginkan.
9. Kebersihan rumah kaca harus selalu dijaga untuk menghindari kontaminasi pada jamur MA oleh organisme patogen lainnya, sehingga inokulan akan tetap murni.
10. Selama perlakuan di rumah kaca, sampel dari spora-spora yang ada perlu dikontrol kualitasnya, seperti jumlah spora, jumlah akar yang terkolonisasi, kemurnian isolat, ataupun kontaminasi dari organisme lainnya. Alat-alat yang digunakan dalam pemeriksaan sampel spora MA harus dalam kondisi steril.



Gambar 56. Produksi inokulum MA dengan menggunakan metoda kultur pot. Perbanyak spora MA dengan tanaman sorgum sebagai tanaman inang menggunakan media tanam zeolit

E. Penyimpanan inokulum kultur pot

Kultur pot MA yang terdiri dari media tanam, akar dan spora bisa disimpan dalam wadah yang tertutup karena inokulumnya bisa diawetkan pada suhu 4 °C. Inokulum juga bisa dimasukkan dalam kriopreservasi menggunakan Nitrogen cair untuk penyimpanan jangka panjang (Morton *et al.* 1993).

F. Penggunaan inokulum kultur pot

Inokulum kultur pot bisa diaplikasikan pada pembibitan di rumah kaca atau secara langsung di lahan terbuka. Inokulum bisa ditambahkan pada media tanam atau di zona perakaran tanaman. Inokulum bisa



dicampurkan dengan media tanam yang steril dengan perbandingan berat 1:100. Konsentrasi spora pada inokulum seharusnya diketahui terlebih dahulu (Brundrett *et al.* 1996).

Daftar Pustaka

- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. Working With Mycorrhizae in Forestry and Agriculture. Canberra (AU): ACIAR. hlm 7–15, 183–188.
- Declerck S, Strullu DG, and Plenchette C. 1996. In vitro mass-production of the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus versiforme*, associated with Ri T-DNA transformed carrot roots Mycological Research 100(10): 1237–1242.
- Diop TA, Plenchette C, and Strullu DG. 1994. Dual axenic culture of sheared-root inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with tomato roots Mycorrhiza 5(1): 17–22.
- Douds DD, Gadkar V, and Adholeya A. 2000. Mass production of VAM fungus biofertilizer In Mycorrhizal Biology, pp 197–215, edited by K G Mukerji and B P Chamola New York: Kluwer Academic Publishers. pp 197–215,
- Douds DD Jr, Nagahashi G, Pfeffer PE, Kayser WM, Reider C. 2005. On-farm production and utilization of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum. Can J Plant Sci 85:15–21. doi:10.4141/P03-168
- Douds DD Jr, Nagahashi G, Pfeffer PE, Reider C, Kayser WM. 2006. On-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. Biores Tech 97:809–818. doi:10.1016/j.biortech.2005.04.015
- Douds DD, Chaiyasen A, Vasquez LR, Wertheim FS. 2014. On-farm production of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum in compost and vermiculite mixtures: results of on-farm demonstrations and impact of compost microbiological quality. Journal of the NACAA, 7(2).



- Dugassa D G, Grunewaldt-Stocker G, and Schonbeck F. 1995. Growth of *Glomus intraradices* and its effect on linseed (*Linum usitatissimum* L.) in hydroponic culture *Mycorrhiza* 5(4): 279–282.
- Gadkar V and Adholeya A. 2000 Intraradical sporulation of AM *Gigaspora margarita* in long-term axenic cultivation in Ri T-DNA carrot root *Mycological Research* 104: 716–721.
- Hawkins HJ, George E. 1997. Hydroponic culture of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* with *Linum usitatissimum* L., *Sorgum bicolor* L. and *Triticum aestivum* L. *Plant Soil* 196:143–149. doi:10.1023/A:1004271417469
- Ijdo M, Cranenbrouck S, Declerck S. 2011. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza*, 21(1), 1-16.
- Jarstfer AG, Sylvia DM. 1995. Aeroponic culture of VAM fungi. In: Varma A, Hock B (eds) *Mycorrhiza*. Springer, Heidelberg, pp 427–441.
- Lee YJ, George E. 2005. Development of a nutrient film technique culture system for arbuscular mycorrhizal plants. *HortScience* 40:378–380.
- Ma N, Yokoyama K, Marumoto T. 2007. Effect of peat on mycorrhizal colonization and effectiveness of the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *Soil Sci Plant Nutr* 53:744–752. doi:10.1111/j.1747-0765.2007.00204.x
- Mathur N and Vyas A. 1995. In vitro production of *Glomus deserticola* in association with *Ziziphus nummularia* *Plant Cell Reports* 14(11): 735–737.
- Millner PD, Kitt DG. 1992. The Beltsville method for soilless production of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 2:9–15. doi:10.1007/BF00206278.



- Morton JB, Bentivenga SP & Wheeler ww. 1993. Germplasm in the international collection of arbuscular and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. *Mycotaxon* 48: 491-528.
- Mosse B. 1959. The regular germination of resting spores and some observations on the growth requirements of an *Endogone* sp. causing vesicular–arbuscular mycorrhiza. *Trans Br Mycol Soc* 42:273–286.
- Mosse B, Hepper CM. 1975. Vesicular-arbuscular infections in root– organ cultures. *Physiol Plant Pathol* 5:215–233.
- Plenchette C, Furlan V, Fortin JA. 1982. Effects of different endomycorrhizal fungi on 5 host plants grown on calcined montmorillonite clay. *J Am Soc Hortic Sci* 107:535–538.
- Sieverding E. 1987. On-farm production of VAM inoculum In *Proceedings of the Seventh North American Conference on Mycorrhiza*, edited by D M Sylvia, L L Hung, and J H Graham Florida: University of Florida. 364 pp.
- Simpson D, Daft MJ. 1990. Interactions between water-stress and different mycorrhizal inocula on plant growth and mycorrhizal development in maize and sorghum. *Plant and Soil*, 121(2), 179-186.
- Singh, S. 2002. Mass production of AM fungi: Part 1. *Mycorrhiza News*, 14(1), 2-10.
- Smith SE, Read DJ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Ed ke-3. New York (US): Academic Pr.
- Sreenivasa MN, Bagyaraj DJ. 1987. Selection of a suitable substrate for mass multiplication of *Glomus fasciculatum* In *Mycorrhiza Round Table: Proceedings of a workshop*, pp. 592–599, edited by Verma A K, Oka AK, Mukerji K G, Tilak K V B R, Janak Raj New Delhi: India. pp. 592–599.



- St-Arnaud M, Hamel C, Vimard B, Caron M, Fortin JA. 1996. Enhanced hyphal growth and spore production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in an in vitro system in the absence of host roots. *Mycol Res* 100:328–332.
- Tester CF, Millner PD, Kitt DG. 1991. A misting apparatus for studying plant-microbe interactions and nutrient utilization *The Rhizosphere and Plant Growth* 14: 380.
- Zobel RW, Del Tredici P, Torrey JG. 1976. Method for growing plants aeroponically. *Plant Physiol* 57:344–346.



Bab 7

PENUTUP

Luasnya lahan marginal atau lahan kering di Indonesia yang kurang produktif, bisa dimanfaatkan supaya menjadi lebih produktif dengan membudidayakan tanaman multifungsi yang adaptif dengan kondisi yang kurang optimal tersebut. Salah satu tanaman yang toleran dengan kondisi tersebut serta bersifat multifungsi adalah sorgum.

Komoditas tanaman ini sudah lama dikenal di Indonesia, namun saat ini hanya sebagian kecil masyarakat yang membudidayakannya dan hanya menjadi tanaman pokok secara lokal di kawasan Nusa Tenggara Timur (NTT). Dengan semakin diketahuinya manfaat tanaman sorgum yang tidak hanya sebagai sumber pangan dan pakan, maka jenis tanaman ini menjadi sangat potensial untuk dibudidayakan dan dikembangkan di lahan alang-alang atau lahan marginal. Tanaman sorgum sangat potensial untuk dijadikan sumber energi maupun material yang ramah lingkungan. Biomassa tanaman sorgum bisa dimanfaatkan sebagai material cofiring, biopellet, serta cairan batang tanaman bisa dimanfaatkan untuk bioetanol dan pengganti gula dari tetes tebu, maupun material bahan bangunan seperti papan partikel.

Kementerian Pertanian di Indonesia telah melepas varietas-varietas tanaman sorgum yang unggul sejak sebelum tahun 1960 hingga saat ini. Pemilihan varietas-varietas sorgum menjadi hal yang penting untuk disesuaikan dengan tujuan pemanfaatannya. Ketersediaan benih-benih sorgum secara berkesinambungan juga perlu menjadi perhatian pemerintah maupun pihak non pemerintah yang terkait lainnya.



Dalam pelaksanaan budidaya tanaman sorgum di lahan marginal tentu perlu memperhatikan dan melaksanakan berbagai teknik yang tepat untuk menghasilkan produk yang optimal bahkan maksimal. Teknik seperti persiapan lahan, pengolahan lahan, pemilihan benih, penanaman, pemeliharaan tanaman, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit sampai dengan pemanenan sangat perlu menjadi perhatian.

Teknik pembersihan dan pengolahan lahan juga diharapkan dilakukan dengan menjaga lingkungan, sehingga seperti pembakaran lahan, penggunaan herbisida ataupun bahan kimiawi lainnya yang berpotensi merusak lingkungan supaya seminimal mungkin dilakukan. Pemupukan bisa dilakukan dengan menggunakan pupuk anorganik maupun organik/hayati. Dosis pupuk anorganik bisa dilakukan sesuai dengan kondisi tanah/lahan dan juga sesuai dengan target besaran panennya. Penggunaan pupuk organik maupun pupuk hayati dengan memanfaatkan material yang diinokulasi dengan mikroba terbukti sangat bermanfaat dan bahkan bisa mengurangi dosis penggunaan pupuk anorganik sampai dengan 50%. Lahan-lahan tertentu khususnya yang bersifat masam, perlu juga dilakukan pengapuran untuk menetralkan toksisitas Al, Fe dan Mn supaya produksi tanaman sorgum yang ditanam di lahan masam tersebut tidak menurun. Di lain pihak, berbagai gejala kekurangan maupun kelebihan hara juga bisa diamati untuk lebih lanjut diperbaiki dengan cara pemberian pupuk makro, mikro majemuk maupun pupuk organik.

Secara khusus dan detail telah dijelaskan pula di dalam buku ini mengenai peran pupuk hayati untuk pertumbuhan dan produktivitas tanaman sorgum, termasuk diantaranya adalah peran bahan pembawa (carrier mikroba) dalam mendukung pemanfaatan mikroba; aplikasi mikroba fungsional/cara aplikasi formula; prosedur pengambilan sampel, isolasi, purifikasi dan pembuatan pupuk hayati; serta produksi inokulum arbuskular sebagai pupuk hayati.

Pengendalian hama dan penyakit menjadi sangat penting dilakukan supaya tidak menyebabkan kerusakan tanaman yang akan menurunkan produksi sorgum. Berbagai upaya dilakukan seperti pemilihan varietas yang tahan hama dan penyakit, pengendalian biologi, kultur teknis seperti



pemanfaatan mulsa, penyungkupan malai, penggunaan paranet, sanitasi lingkungan, sistem rotasi tanaman, penggunaan perangkat lekat, sistem tumpang sari/intercropping, pengaturan jarak tanam, sampai dengan aplikasi fungisida dan insektisida jika memang diperlukan.

Berbagai aspek budidaya tanaman sorgum yang telah dipaparkan dalam buku ini secara detail dan lengkap diharapkan bisa menjadi panduan teknis untuk budidaya tanaman sorgum di lahan marginal supaya produksi tanaman tetap optimal.

