

BUKU I

KOMODITAS PANGAN

UTAMA

Chapter: Jagung

Editor:

Asmiaty Sahur

Muhammad Junaid

2021

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL		:	.....
KATA PENGANTAR			.....
DAFTAR ISI			.....
BAB I	DESKRIPSI TANAMAN JAGUNG		.....
	A. Sejarah Tanaman jagung		.....
	B. Morfologi dan Taksonomi tanaman jagung		.....
BAB II	SYARAT TUMBUH TANAMAN JAGUNG		.....
	A. Iklim		.....
	B. Tanah		.....
BAB III	TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN JAGUNG (<i>Zea mays</i> L.)		.....
	A. Varietas Unggul		.....
	B. Benih Bermutu		.....
	C. Penyiapan Lahan		.....
	D. Pengolahan Lahan		.....
	E. Penanaman		.....
	F. Pemeliharaan		.....
	G. Pemupukan		.....
BAB IV	HAMA DAN PENYAKIT JAGUNG (<i>Zea mays</i> L.)		.....
	4.1. Pendahuluan		.....
	4.2. Hama dan Penyakit Penting		.....
	4.2.1. Hama ‘invasif’ kutu daun (<i>Stenocranus pacificus</i>)		.....
	4.2.2. Lalat bibit (<i>Atherigona</i> sp.)		.....
	4.2.3. Ulat tanah (<i>Agrotis ipsilon</i> Hwfn.)		.....
	4.2.4. Penggerek batang (<i>Ostrinia furnacalis</i> Guenee)		.....

	4.2.5. Ulat grayak (<i>Spodoptera litura</i> F., <i>Mythimna separata</i>)	.....
	4.2.6. Wereng Jagung (<i>Peregrinus maidis</i> Ashm.)	.....
	4.2.7. Penggerek tongkol (<i>Helicoverpa armigera</i> Hubn.)	.....
	4.2.8. Hama ‘invasif’ ulat grayak <i>Spodoptera frugiperda</i>	.....
	4.3. Penyakit tanaman Jagung	.....
	4.3.1. Penyakit bulai (<i>Perenosclerospora maydis</i>.)	.....
	4.3.2. Penyakit Viris Mozaik Kerdil (VMK)	.....
	4.3.3. Penyakit bercak daun (<i>Bipolaris maydis</i>)	.....
	4.3.4. Penyakit Hawar/Upih daun (<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn.)	.....
	4.3.5. Penyakit busuk batang dan tongkol (<i>Fusarium</i> sp.)	.....
BAB V	PENGENDALIAN	.....
	5.1. Konsep Pengendalian	.....
	5.2. Pengendalian kultur teknis	.....
	5.3. Pengendalian Biologi	.....
	5.3.1. Predator dan parasitoid	.....
	5.3.2. Cendawan entomopatogen	.....
	5.3.2.1. Cara kerja cendawan entomopatogen mematikan inang	.....
	5.4. Pengendalian budidaya	.....
	5.5. Pengendalian manipulasi lingkungan	.....
	5.5.1. Tanaman perangkap [insectory plants]	.....
	5.5.2. Tanaman penarik serangga	.....
	5.5. Pengendalian varietas tahan	.....
	5.5.1. Deteksi ketahanan tanaman di tingkat gen	.....
	5.5.2. Prosedur kerja evaluasi ketahanan varietas	.....
	5.6. Pengendalian dengan antagonis Tricoderma	.....
	5.7. Pengendalian dengan antogonis <i>Bacillus subtilis</i>	.....
BAB VI	PANEN DAN PASCA PANEN	.....
	DAFTAR PUSTAKA	.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Evolusi Bentuk Tongkol Jagung dari Masa Awal Teosinte Sampai dengan Bentuk Jagung	.....
Gambar 2	Morfologi dan Taksonomi Tanaman Jagung	.....
Gambar 3	Morfologi Biji Jagung	.....
Gambar 4	Tanaman jagung	.....
Gambar 5	Sel Seludang Daun Tanaman Tipe C4 yang Mengelilingi Pembuluh Daun	.....
Gambar 6	Tanah yang sesuai untuk Pertumbuhan Jagung	.....
Gambar 7	Cara penggunaan BWD	.....
Gambar 8	Tanaman yang dipupuk Urea berdasarkan BWD	.....
Gambar 9	Serangga muda dan dewasa wereng <i>Stenocranus pacificus</i>	.....
Gambar 10	Gejala kerusakan hama kutu daun. Daun tanaman mengering dan gagal panen. Koloni hama kutu pada pertulangan daun (tanda panah)	.....
Gambar 11	Siklus hidup wereng daun jagung	.....
Gambar 12	Lalat bibit (<i>Atherigona</i> sp.)	.....
Gambar 13	Ulat tanah (<i>Agrotis ipsilon</i> Hwfn.)	.....
Gambar 14	Kelompok telur <i>Ostrinia furnacalis</i> yang baru diletakkan di bawah permukaan daun (atas) dan yang akan segera menetas (bawah)[NurNonci, 2004]	.....
Gambar 15	Larva instar 5 dan bekas gerakan pada batang [Nonci, 2004]	.....
Gambar 16	Pupa betina (kiri) dan jantang (kanan) penggerek batang (<i>Ostrinia furnacalis</i> Guenee) (Nonci, 2004)	.....
Gambar 17	Ngengat betina (kiri) dan jantan (kanan) <i>Ostrinia furnacalis</i> (Nonci dan Baco, 1991)	.....
Gambar 18	Ulat grayak (<i>Spodoptera litura</i> F., <i>Mythimna separata</i>) (Sumber: Google.com)	.....
Gambar 19	Wereng Jagung (<i>Peregrinus maidis</i> Ashm.) (sumber: google.com)	.....
Gambar 20	Penggerek tongkol (<i>Helicoverpa armigera</i> Hubn.) (sumber: google.com)	.....
Gambar 21	Imago <i>Spodoptera frugiperda</i> (sumber: google.com)	.....

Gambar 22	Larva Spodoptera frugiperda. (panah merah) dua pasa bintik-bintik ujung bagian abdomen yang menjadi ciri khas larva S. frugiperda yang tidak dimiliki oleh spodoptera spesies lainnya. Bagian kepala terdapat tanda huruf 'V'	.....
Gambar 23	Gejala kerusakan tanaman jagung akibat serangan larva S. frugiperda. Batang jagung terpotong	.....
Gambar 24	Gejala penyakit bulai	.....
Gambar 25	Penyakit Virus Mozaik Kerdil (VMK)	.....
Gambar 26	Penyakit bercak daun (Bipolaris maydis)	.....
Gambar 27	Penyakit Hawar/Upih Daun (Rhizoctonia solani Kuhn.)	.....
Gambar 28	Busuk Tongkol (Fusarium sp)	.....
Gambar 29	Kumbang koksi	.....
Gambar 30	Kumbang Rhinocoris sedang memangsa hama tanaman	.....
Gambar 31	Kumbang Coranus	.....
Gambar 32	Kumbang 'ladybird' Micraspis	.....
Gambar 33	Gejala serangan Bb pada larva serangga hama. Larva terselubungi kapang warna putih	.....
Gambar 34	Gejala khas infeksi cendawan entomopatogen Beauveria bassiana pada larva Spodoptera. Larva memufikasi setelah terinfeksi akut	.....
Gambar 35	Gejala khas infeksi Bb pada imago lalat kubis cabbage fly (Delia radicum).	.....
Gambar 36	Ilustrasi kematian serangga yang terinfeksi oleh M. anisopliae. Spora cendawan entomopatogen berwarna coklat muda menyelubungi kutikula inang	.....
Gambar 37	Karakteristik cendawan Metarizum anisopliae secara in vitro	.....
Gambar 38	Formulasi berbahan aktif cendawan entomopatogen Metarizum anisopliae	.....
Gambar 39	Ilustrasi cendawan entomopatogenik Beauveria bassiana mematikan larva sampai 2 minggu setelah infeksi	.....
Gambar 40	Cara kerja infeksi Metarizum anisopliae pada serangga inang sebagai hama-hama tanaman	.....
Gambar 41	Tumbuhan berbunga ditanam di pematang-pematang sawah. Source: http://irri.org/rice-today	.....
Gambar 42	Keragaman spesies musuh-musuh alami yang terdeteksi dengan konsep EE di agro-ekosistem	.....

Gambar 43	Mekanisme pengendalian secara alami dengan konsep EE di agro-ekosistem. Sumber: Joshi, 2020.	.....
Gambar 44	Pengaruh kultur teknis dalam mendukung keragaman hayati musuh-musuh alami terhadap kelimpahan serangga hama (Kumar dkk, 2013).	.....
Gambar 45	pola tanaman perangkap [sumber: Joshi, 2019]	.....
Gambar 46	sistim tanam perangkap dimana labu sebagai tanaman perangkap (panah merah); https://ipm.missouri.edu/MEG/2017/3/Trap_cropping/	.....
Gambar 47	Sistim tanam perangkap hama (kotak merah) dan tanaman utama (tanda panah)	.....
Gambar 48	Jenis dan karakteristik tumbuh-tumbuhan berbunga yang disenangi oleh kelompok predator dan parasitoid. Jenis Sweet alyssum (kiri-atas) dan Buckwheat (kanan-atas) dan Licorice mint (bawah)	.....
Gambar 49	Fenotipe jagung hibrida tahan penyakit bulai dan hawar dan karat daun	.....
Gambar 50	Filogenetik berdasarkan karakter fenotipe 12 varietas jagung. Talenta (TL), Pioneer-21 (P-21), Gama SG, Gama GS, Bisi-816 (BS), Lagaligo (LG), Pulut (PL), Pena Molo (PM), Pena Futu (PF), Pena Boto (PB), Pena Kikis (PK) dan Pena Moi (PMI).	.....
Gambar 51	Plot Principle componen analysis (PCA) 12 kultivar jagung	.....
Gambar 52	Jagung bersari bebas varietas Lamuru cukup tahan terhadap penyakit bulai dan hawar dan bercak daun	.....
Gambar 53	Jagung bersari bebas varietas Srikandi putih tahan terhadap penggerek batang Ostrinia furnacalis tetapi tidak tahan penyakit bulai	.....
Gambar 54	Jagung bersari bebas varietas Srikandi kuning tahan terhadap penyakit bulai	.....
Gambar 55	Jagung hibrida Varietas BISI tahan penyakit bulai	.....
Gambar 56	Jagung bersari bebas varietas Anoman-1 agak tahan terhadap penyakit bulai	.....
Gambar 57	Jagung bersari bebas varietas Bisma tahan terhadap penyaki bulai.	.....
Gambar 58	Pola hubungan asosiasi antara tanaman dengan Trichoderma. Sumber: David Thoms, Yan Liang, and Cara H. Haney, 2019.	.....
Gambar 59	Salah satu cara penanganan panen dan pasca panen sejak dini [sumber:kebun.co.id]	.....

Gambar 60	Alat sederhana pemipil jagung [sumber haryoto, 1995]		
Gambar 61	Salah satu mesin pemipil jagung		
Gambar 62	Mesin panen jagung kapasitas besar [sumber: kabartani.com]		

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Beberapa Varietas Unggul Jagung Komposit dan Hibrida	.....
Tabel 2	Takaran Pupuk Dan Waktu Pemberiannya Pada Tanaman Jagung, Jika Menggunakan Pupuk Tunggal Urea, SP-36, Dan KCL	.....
Tabel 3	Lama setiap stadia <i>Stenocranus pacificus</i>	.....
Tabel 4	Ukuran pupa (mm) dan ngengat <i>Ostrinia furnacalis</i> (Nonci dan Baco, 1991)	.....
Tabel 5	Siklus hidup penggerek batang jagung <i>Ostrinia furnacalis</i> yang dipelihara di dalam ruangan terkontrol (Nonci dan Baco, 1991)	.....
Tabel 6	Kemampuan cendawan entomopatogen (<i>Metarizium anisopliae</i> dan <i>Beauveria bassiana</i>) mematikan stadia telur serangga hama kapas <i>Pectinophora gossypiella</i>	.....
Tabel 7	Kemampuan cendawan entomopatogen mengendalikan larva instar awal (neonate) penggerek bol kapas		
Tabel 8	Kemampuan cendawan entomopatogenik mengendalikan larva instar 4 <i>Pectinophora gossypiella</i>	.....
Tabel 9	Pengaruh konsentrasi <i>Metarhizium anisopliae</i> terhadap tingkat kematian larva penggerek batang <i>Ostrinia furnacalis</i> 6 hari setelah inokulasi	.....
Tabel 10	Persentase tanaman aksesi uji plasma nutfah jagung yang terinfeksi pada pengamatan 25 dan 35 HST, KP, Bajeng, Balitsereal, 2015	.....
Tabel 11	Persentase ketahanan varietas jagung yang terinfeksi patogen penyebab penyakit bulai di lapangan	.....
Tabel 12	Polimorfisme pita DNA hasil amplifikasi ISSR	.....
Tabel 13	Karakteristik varietas tahan penyakit utama tanaman jagung [sumber: Balitsereal Maros, 2010]	.....
Tabel 14	Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]	.....
Tabel 15	Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]	.....
Tabel 16	Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]	.....

Tabel 17	Senyawa-senyawa metabolit yang dihasilkan di perakaran tanaman jagung yang telah dikolonisasi oleh <i>Trichoderma virens</i>	.....
Tabel 18	Hasil panen jagung pada beberapa perlakuan terhadap penyakit hawar pelepah dan upih daun <i>Rhizoctonia solani</i>	.....
Tabel 19	Hasil panen jagung pada beberapa perlakuan terhadap penyakit hawar daun <i>Bipolaris maydis</i>	.....
Tabel 20	Batas kandungan aflatoksin yang direkomendasikan berdasarkan UNICEF/FAO	.....

DAFTAR ISTILAH

Varietas tahan	:	Varietas yang didesain ketahanannya terhadap cekaman biotik dan abiotik
Penyakit	:	Gangguan fisiologis dan genetis tanaman inang yang termanifestasi oleh aktivitas biotik seperti patogen dan abiotik atau lingkungan fisik secara terus menerus
Hama	:	Organisme dalam golongan hewan yang menimbulkan kerugian secara ekonomi produk-produk pertanian
Patogen	:	Mikroorganisme penyebab penyakit tanaman
Klorosis	:	Gangguan fisiologis dan metabolit tanaman yang termanifestasi dengan perubahan klorofil warna daun
Nekrosis	:	Kematian jaringan tanaman akibat aktifitas patogen
Hipoplasia	:	Penyimpangan pertumbuhan tanaman dari biasanya yang ditandai dengan penghambatan atau abnormalitas pertumbuhan misalnya kerdil
Hiperplasia	:	Penyimpangan pertumbuhan tanaman dari biasanya yang ditandai dengan abnormalitas pertumbuhan protoplas yang berlebihan
Gejala	:	Tanda kerusakan jaringan yang termanifestasi akibat aktivitas biotik dan abiotik
Hama	:	Organismen arthropoda yang menimbulkan kerugian secara ekonomi
Serangga	:	Organisme arthropoda yang berasosiasi dengan tanaman
PCR	:	Polymerase chain reaction adalah teknik penggandaan pita DNA dengan mengandalkan perubahan suhu secara terkontrol
Invasif	:	Hama baru dengan kerusakan ekonomi secara signifikan
Refugia	:	Tanaman menyediakan tempat perlindungan, sumber pakan atau sumberdaya yang lain bagi musuh alami seperti predator dan parasitoid
Varietas unggul	:	Varietas yang sudah diuji dan mendapat label
Intercropping	:	Sistim tanam campur
Pergiliran varietas	:	Penanaman varietas yang tidak sama dalam satu musim tanam
Ecological engineering	:	Rekayasa lingkungan fisik untuk keperluan pengendalian
TOT	:	Tanpa olah tanah
OTS	:	Olah tanah sempurna
OPT	:	Organisme pengganggu tumbuhan
LC ₅₀	:	Lethal concentration atau pada konsentrasi berapa spora dapat mematikan 50% serangga uji 50
GFG	:	Gene-for-gene teory

Kata Pengantar Editor

Buku yang anda sedang baca adalah buku referensi hasil kajian pustakan yang relevan yang bersumber dari hasil-hasil penelitian, jurnal-jurnal dan laporan terkait sistim budidaya tanaman jagung, hama dan penyakit utama dan cara pengendaliannya. Buku ini tidak diperjual belikan dan diperuntukkan kalangan mahasiswa sebagai buku ajar pada program studi Agroteknologi, Budidaya tanaman dan Hama dan Penyakit Tumbuhan/ Proteksi tanaman.

Awalnya buku ini direncanakan diterbitkan dengan memuat seluruh komoditas pangan utama seperti jagung, padi, ubi kayu, dan sagu, tetapi dengan pertimbangan kemanfaatan penulis dan spesifikasi pengetahuan komoditas pangan penting bagi mahasiswa, praktisi pertanian dan penyuluh lapangan menjadi pertimbangan utama, Buku ini adalah buku 1 komoditas pangan utama dimana komoditas jagung yang merupakan bagian dari komoditas terpenting saat ini, dikupas lebih dalam. Buku ini dilengkapi dengan gambar-gambar yang mudah dipahami oleh pembaca. Informasi-informasi yang ada di dalam buku ini *uptodate*.

Untuk Buku Komoditas Pangan Utama Chapter: Jagung, penulis banyak berkontribusi pada aspek hama dan penyakit atau OPT serta cara pengendaliannya. Hal ini dilakukan karena sesuai dengan bidang kepakaran penulis.

Berbicara soal hama dan penyakit utama tanaman jagung, produksi rata-rata secara nasional sangat terpengaruh dengan infestasi hama dan penyakit di penyimpanan dan di lapangan. Komoditas jagung adalah komoditas yang juga memerlukan ruang penyimpanan dalam satu rantai pasok bisnis jagung.

Dulu, sekarang dan akan datang organisme pengganggu tanaman (OPT) selalu menjadi ancaman serius dalam sistim produksi jagung. Sudah banyak fakta empirik membuktikan jika invasi hama dan penyakit selalu menjadi ancaman penurunan produksi secara lokal, regional dan nasional. Sekali pun riset-riset pengembangan varietas tahan atau varietas unggul tahan OPT yang menunjukkan harapan yang besar di tingkat penelitian, ketika varietas tersebut dilepas di agroekosistem terjadi penurunan ketahanan seperti percobaan yang dilakukan di Balai Serealia dan Jagung Maros, Sulsel, dimana varietas yang mengalami penurunan ketahanan setelah diuji di lapangan. Selanjutnya, Survey dan wawancara ditingkat petani sering dijumpai bahwa faktor hama dan penyakit menjadi ancaman serius setiap musim tanam,

Pertanyaannya adalah darimana sumber hama dan penyakit tersebut yang tidak pernah berkesudahan serangannya, padahal sudah sedemikian rupa teknologi budidaya dan varietas

diupayakan dengan gigihnya? Pertanyaan ini tentunya membuat kita termenung sejenak dan kembali menganalisis bahwa faktor bioekologi serangga hama dan patogen penyebab penyakit menjadi utama. Dari semua alasan ilmiah yang ada, faktor populasi hama dan penyakit menjadi terpenting. Populasi hama dan penyakit menyebabkan tingginya kerusakan dan keparahan serangan. Populasi adalah sumber masalah utama peningkatan produksi tetapi bagi hama dan penyakit, populasi adalah anugerah. Satu ekor larva spodoptera litura misalnya itu tidak akan mampu menimbulkan kerugian secara ekonomi yang berarti bagi petani, sebab kemampuan makan satu ekor larva dapat diperkirakan hanya merusak satu atau dua individu tanaman.

Untuk menghasilkan populasi, satu ekor serangga artropoda betina dewasa mampu meletakkan telur lebih dari 100 butir pada satu kali penerbangan dan peletakkan telur dalam satu individu tanaman. Jika 30% saja berhasil menetas menghasilkan generasi baru dan menyebar, maka kerugian yang ditimbulkan oleh larva yang dihasilkan dari 30% tersebut cukup untuk menurunkan produksi satu komoditas. Satu gejala sundep atau beluk (bulir hampa padi) disebabkan oleh satu ekor larva yang berhasil menggrogok batang bawah. Jika dalam hamparan gejala sundep ini terlihat massif, maka gambaran populasi hama (ulat penggerek batang) sepadan dengan jumlah gejala yang terlihat.

Begitu juga dengan mikroorganisme yang berasosiasi buruk dengan tanaman atau dikenal dengan patogen tanaman. Satu individu spora patogen tidak akan menyebabkan gejala nekrosis pada keseluruhan tanaman.

Untuk kasus populasi mikroorganisme sebagai parasit tanaman (patogen), tentunya akan jauh lebih besar lagi populasinya di alam dibandingkan dengan populasi serangga arthropoda pemakan tumbuhan (hama). Karena reproduksi yang sangat tinggi baik secara vegetatif ataupun generatif, menempatkan patogen tanaman jauh lebih mengancam food security dan food safety. Patogen tanaman yang sering kita jumpai dari golongan bakteri, jamur, nematoda, Oomycetes, virus, dll adalah bukti betapa superiornya mikroorganism ini di planet ini.

Masih terkait dengan populasi, tidak berlebihan jika organisme/mikroorganisme menjadi penduduk planet ini yang terbesar. Anne Casselman adalah penulis pada media Scientific American bidang Science mengilustrasikan bahwa kelompok organisme terbesar di planet ini adalah kelompok Jamur. Seberapa besar apapun ikan paus yang pernah dijumpai di lautan, tidak akan pernah menandingi luasnya populasi pertumbuhan jamur yang ada di pegunungan Oregon [salah satu pegunungan di USA yang banyak ditumbuhi oleh mushroom]. Mushroom yang tercatat tumbuh dan menghuni pegunungan Oregon adalah

965 ha atau setara dengan 10 km per segi. Lebih lanjut dikemukakan bahwa kelompok mushroom bisa menghasilkan 454 metrik ton dalam satu tahun.

Faktor kedua yang menjadi alasan utama adalah hama dan penyakit memiliki siklus hidup yang relatif cepat atau pendek, sehingga generasi baru dapat dihasilkan dengan cepat pula yang memerlukan sumber daya makanan (tanaman) yang tinggi pula. Pertanyaannya adalah dari mana saja faktor-faktor tersebut terbentuk? Tentu jawabannya adalah bersumber dari faktor genetik. Kemudian, sebuah artikel menarik yang terbit tahun 2014 di jurnal PLOS microbes dengan judul '*life in a world without microbes*' ditulis oleh Gilbert dan Neufeld. Menurut Gilbert dan Neufeld (2014) mengemukakan bahwa mikroorganisme bertahan hidup di planet ini karena salah satunya adalah memiliki jutaan asosiasinya and proses *biogeochemical*. Hal yang dimaksud adalah keanegaraman spesies, kemampuan adaptasi, inang utama dan inang alternatif yang luas, sistim reproduksi, dll. Lebih lanjut dikemukakan bahwa mikroorganisme memegang peranan penting di planet ini dimana manusia hidup didalamnya. *Life would not long remain possibel in the absence of microbes*'- Lous Pasteur. tidak berlebihan jika ungkapan bahwa tidak ada mikroorganisme, tidak ada kehidupan. Mikroorganisme tidak lepas dari kehidupan manusia di planet ini baik bersifat bermanfaat atau merugikan sehingga sejatinya (secara arif dan bijaksana) konsep hidup berdampingan dengan mikroorganisme adalah hal yang realistis.

Oleh sebab itu, setiap pertanyaan yang diajukan terkait seberapa besar peranan hama dan penyakit dalam sistim produksi, disaat yang bersamaan akan kita menjumpai jawabannya adalah bahwa OPT selalu menjadi faktor pembatas utama. Sebab di planet ini sudah tertata dengan baik sistim rantai makan di agroekosistim dimana salah satu komponennya adalah organisme pemakan organisme lain (karnivora) dan organisme pemakan tumbuhan (herbivora) yang selalu menempati tingkat yang cukup tinggi dalam kasta rantai makanan. Terkait dalam ekosistim pertanian, sayangnya kebanyakan dari kita lupa dengan aturan-aturan alam ini. Penggunaan pestisida dan penanaman mono cultur dan mono varietas secara massif dan kontinue menyebabkan perubahan ekologis. Akibatnya adalah terjadi dominansi salah satu komponen sistim rantai makanan dimana peranannya yang dominan itu adalah organisme pemakan tumbuhan (hama) tanpa ada pesaingnya atau predatornya.

Terkait masalah penurunan ketahanan salah satu varietas uji yang terjadi pada percobaan di Balitseral, Maros, Hal ini sangat mungkin terjadi karena dalam teori *Co-evolution arm race*, patogen tanaman juga akan selalu berusaha untuk menghasilkan generasi baru yang lebih virulen (ganas) dari generasi sebelumnya yang memungkinkan ketahanan varietas runtuh. Lebih lanjut, Ilmuan plant pathologist, Prof. Flor dengan teori yang terkenal

gene-for-gen teory. Teori ini menyatakan bahwa, peluang terinfeksi tanaman inang dari patogen itu jauh lebih besar dibandingkan peluang tanaman terhindar dari infeksi patogen. Sekalipun tanaman yang dirancang tahan penyakit, jika patogen yang menginfeksi memiliki virulensi yang tinggi, ketahanan varietas itu juga patah. Sehingga dapat disimpulkan dari teori GFG bahwa patogen lah yang mendikti tanaman inang mampu bebas atau terinfeksi.

Terakhir, semoga buku ini bermanfaat dan bisa berkontribusi dalam pengelolaan pertanian yang maju, modern dan berkelanjutan.

Makassar, Juli 2021

Muhammad Junaid

Editor

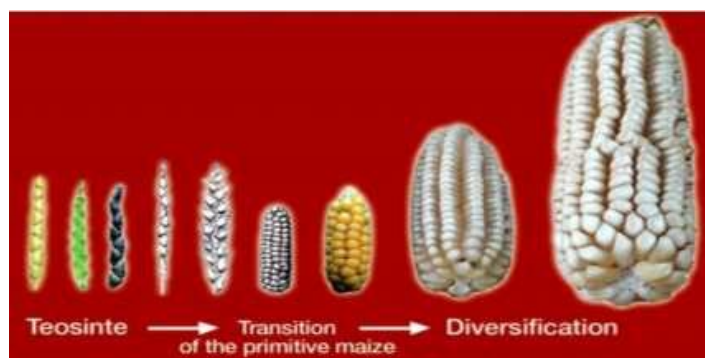
BAB I

Asmiaty Sahur

A. Sejarah Tanaman Jagung

Jagung merupakan golongan sereal yang memiliki kedudukan penting di sektor ekonomi dunia di kurun waktu abad 20 dan 21. Penggunaan produk jagung yang utama digunakan sebagai pakan ternak, bahan makanan olahan dan bioethanol. Beberapa wilayah di Indonesia, dan beberapa negara lain menggunakan jagung sebagai bahan pangan pokok. Selama ini negara-negara produsen jagung yang utama di dunia adalah Amerika, China, Argentina, dan Meksiko. Daerah-daerah penghasil jagung di Indonesia yang telah tercatat antara lain Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, D.I. Yogyakarta, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Maluku.

Pada tataran dunia jagung juga merupakan jenis tanaman yang paling intensif dibudidayakan. Pada tahun 2009 produksi jagung mencapai 817 juta ton, lebih tinggi dibandingkan dengan gandum (681 juta ton) dan padi sebesar 678 juta ton.



Gambar 1. Evolusi Bentuk Tongkol Jagung dari Masa Awal Teosinte Sampai dengan Bentuk Jagung (sumber: repository.unib.ac.id)

Tanaman jagung dalam catatan sejarah telah menjadi bagian budaya dari masyarakat di benua Amerika. Hal ini diduga bahwa jagung berasal dari Meksiko Selatan dan Amerika Latin. Spesies jagung pada awal perkembangannya dikenal dengan nama Teosinte. Dari bentuk yang paling sederhana ini kemudian jagung berkembang hingga saat ini kita mengenal banyak sekali varietas jagung baik yang lokal maupun yang dikembangkan

sebagai varietas hibrida. Selain mengalami perkembangan dari sisi varietas, tanaman jagung juga mengalami penyebaran wilayah penanamannya, yaitu dari Meksiko menyebar ke Eropa, India dan akhirnya ke seluruh dunia termasuk Indonesia.

B. Morfologi dan Taksonomi Tanaman Jagung

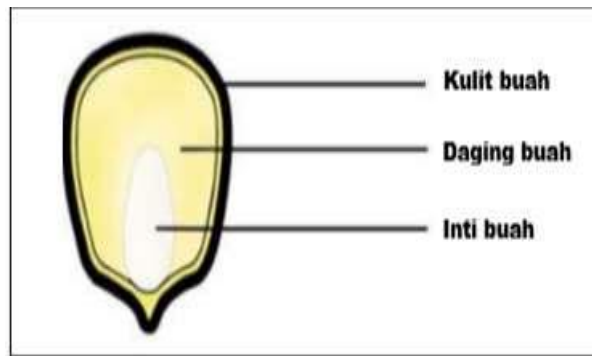


Gambar 2. Morfologi dan Taksonomi Tanaman Jagung (Sumber: mitalom.com)

Klasifikasi jagung sebagai berikut:

Kingdom : Plantae,
Divisio
:Spermatophyta,
Ordo : Poales
Famili : Poaceae
Genus : *Zea*,
Spesies : *Zea mays*.

Berdasarkan bentuk dan struktur biji serta endospermnya, jagung dapat diklasifikasikan sebagai berikut : Jagung mutiara (*Z. mays indurata*), jagung gigi kuda (*Z. mays indentata*), jagung manis (*Z. mays saccharata*), jagung pod (*Z. tunicata sturt*), jagung berondong (*Z. mays everta*), jagung pulut (*Z. ceritina Kulesh*), jagung QPM (Quality Protein Maize), dan jagung minyak yang tinggi (HighOil).



Gambar 3. Morfologi Biji Jagung (sumber: anakagronomi.com)

Sistem perakaran tanaman jagung merupakan akar serabut dengan 3 macam akar yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Pertumbuhan akar ini melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah. Akar adventif adalah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil, selanjutnya berkembang dari tiap buku secara berurutan ke atas hingga 7 sampai dengan 10 buku yang terdapat di bawah permukaan tanah. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan unsur hara. Akar udara adalah akar yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah yang berfungsi sebagai penyangga supaya tanaman jagung tidak mudah rebah. Akar tersebut juga membantu penyerapan unsur hara dan air.

Tinggi batang jagung berkisar antara 150 sampai dengan 250 cm yang terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling berasal dari setiap buku. Ruas-ruas bagian atas berbentuk silindris, sedangkan bagian bawah agak bulat pipih. Tunas batang yang telah berkembang menghasilkan tajuk bunga betina. Percabangan (batang liar) pada jagung umumnya terbentuk pada pangkal batang. Batang liar adalah batang sekunder yang berkembang pada ketiak daun terbawah dekat permukaan tanah.

Jumlah daun jagung bervariasi antara 8 helai sampai dengan 15 helai, berwarna hijau berbentuk pita tanpa tangkai daun. Daun jagung terdiri atas kelopak daun, lidah daun (ligula) dan helai daun yang memanjang seperti pita dengan ujung meruncing. Pelepah daun berfungsi untuk membungkus batang dan melindungi buah. Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibandingkan dengan tanaman jagung yang tumbuh di daerah beriklim

sedang. Tanaman jagung disebut juga tanaman berumah satu, karena bunga jantan dan betina terdapat dalam satu tanaman, tetapi letaknya terpisah. Bunga jantan dalam bentuk malai terletak di pucuk tanaman, sedangkan bunga betina pada tongkol yang terletak kira-kira pada pertengahan tinggi batang. Biji jagung mempunyai bagian kulit buah, daging buah, dan inti buah



Gambar 4. tanaman jagung (sumber: theogorbalsia.com)

Jagung merupakan salah satu tanaman palawija yang paling utama di Indonesia, komoditas ini adalah bahan pangan alternatif yang paling baik selain beras. Karena jagung adalah sumber karbohidrat setelah beras. Seiring dengan peningkatan pendapatan dan pertambahan jumlah penduduk, menyebabkan permintaan bahan pangan terus menerus meningkat termasuk juga tanaman jagung, untuk meningkatkan jumlah permintaan produksi persatuan luas dan waktu serta peningkatan luas area pertanian dan intensitas pola tanam. Untuk meningkatkan intensitas pola tanam maka dapat dicapai dengan melalui beberapa penelitian jenis tanaman dan varietas yang cocok, kombinasi yang tepat serta budidaya tanaman yang baik dan benar (Ramadhani dkk, 2018).

Jagung selain untuk keperluan pangan, juga digunakan untuk bahan baku industri pakan ternak, maupun ekspor. Teknologi produksi jagung sudah banyak dihasilkan oleh lembaga penelitian dan pengkajian lingkup Badan Litbang Pertanian maupun Perguruan Tinggi, namun belum banyak diterapkan di lapangan. Penggunaan pupuk urea misalnya ada yang sampai 600 kg/ha jauh lebih tinggi dari kisaran yang seharusnya diberikan yaitu 350-400 kg/ha. Teknologi pasca panen yang masih sederhana mengakibatkan kualitas jagung di tingkat petani tergolong rendah sehingga harganya menjadi rendah. hal ini dikarenakan petani pada

umumnya menjual jagungnya segera setelah panen. Cara pengeringan yang banyak dilakukan, yaitu pengeringan di pohon sampai kadar air 23-25% baru dipanen dan langsung dipipil yang selanjutnya dijual (Lando & Sinuseng, 1995).

Dalam upaya pengembangan jagung yang lebih kompetitif, diperlukan upaya efisiensi usaha tani, baik ekonomi, mutu maupun produktivitas melalui penerapan teknologi mulai dari penentuan lokasi, penggunaan varietas, benih bermutu, penanaman, pemeliharaan, hingga pada proses penanganan panen dan pasca panen yang tepat untuk menghasilkan jagung yang bermutu (Lando & Sinuseng, 1995).

Untuk dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produk jagung yang berkualitas, maka dibutuhkan lingkungan tumbuh tanaman jagung yang sesuai dengan syarat tumbuh tanaman jagung. Menurut Wahyudin dkk (2017), menyatakan bahwa beberapa syarat tumbuh tanaman jagung adalah sebagai berikut:

A. Iklim

Iklim merupakan salah satu syarat penting yang harus diperhatikan dalam budidaya tanaman jagung untuk memperoleh hasil yang maksimal. Ada beberapa factor iklim yang menjadi syarat tumbuh tanaman jagung, di antaranya yaitu:

1. Suhu

Keadaan suhu di Indonesia tidak menjadi masalah karena suhunya sudah cukup optimal bagi pertumbuhan jagung. Namun, masa panen yang jatuh pada musim kemarau akan lebih baik daripada pada musim penghujan. Hal ini terutama berpengaruh pada lamanya masak biji dan mudahnya proses pengeringan biji dengan menggunakan sinar matahari. Suhu yang sesuai untuk tanaman jagung antara 21°C – 30°C dengan suhu optimum antara 23°C – 27°C, Untuk daerah-daerah di Indonesia, persyaratan suhu tidak menjadi persoalan. Di Jawa Timur yang banyak membudidayakan tanaman jagung, mempunyai suhu antara 25°C – 27°C. Daerah ini sangat cocok untuk pertanaman jagung sehingga menjadi daerah jagung penting di Indonesia. Pada waktu perkecambahan biji, suhu optimal berkisar 30°C – 32°C; suhu di bawah 12,8°C akan mengganggu perkecambahan sehingga dapat menurunkan hasil. Pada suhu 40°C – 44°C lembaga (embrio) jagung dapat rusak.

2. Ketinggian Tempat

Jagung dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian tempat 1000 – 1800 m di atas permukaan laut (dpl). Di Kenya, jagung dapat tumbuh baik pada ketinggian 1200 – 1800 m dpl. Jagung yang ditanam di dataran rendah di bawah 800 m dpl juga masih memberikan hasil yang baik pula.

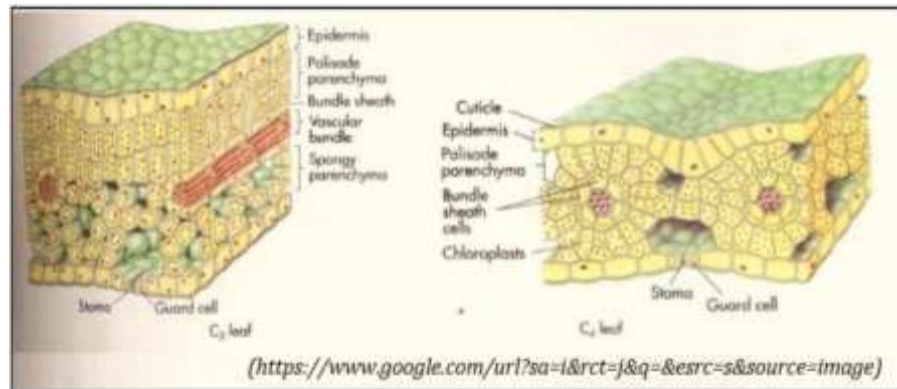
3. Kemiringan Lahan

Kemiringan lahan mempunyai hubungan dengan gerakan air pada permukaan tanah. Lahan dengan kemiringan kurang dari 8% dapat ditanami jagung, karena pada tingkat kemiringan tersebut sangat kecil kemungkinan terjadinya erosi tanah. Namun air hujan yang berlebihan akan terbagi; sebagian meresap ke dalam tanah dan sebagian lain mengalir ke bagian yang lebih rendah. Pada suatu daerah yang mempunyai tingkat kemiringan lebih dari 8%, sebaiknya dibuat teras terlebih dahulu agar dapat menghambat terjadinya aliran air yang cepat yang dapat membawa hara dari tanah yang dilewatinya. Perpindahan hara bersama tanah yang dilalui aliran air yang sering disebut erosi tanah, kemudian diendapkan di tempat yang lebih rendah. Tanah yang telah tererosi tersebut akan menjadi tanah gersang, miskin hara sehingga untuk pengolahan tanah berikutnya perlu diberikan tambahan pupuk

4. Intensitas Penyinaran

Pertanaman jagung menghendaki sinar matahari langsung, oleh karena itu jika ternaungi maka akan memberikan hasil yang kurang baik : batangnya kurus dan lemah, tongkolnya ringan, dan hasilnya rendah. Sinar matahari diperlukan sebagai sumber energi yang membantu dalam proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis, sinar matahari berperan langsung pada pemasakan makanan yang kemudian ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman. Hasil fotosintesis yang disalurkan ke calon buah menyebabkan calon buah makin cepat berkembang dan pengisian buahpun makin bertambah baik, tongkol semakin berisi sehingga hasil yang diharapkan dapat terwujud. Secara fisiologis tanaman jagung termasuk tanaman C4. Pertumbuhannya memerlukan cahaya yang penuh. Golongan tanaman C4 ini juga lebih efisien

dalam memanfaatkan CO₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Hal ini dapat berlangsung karena tanaman jagung memiliki sel seludang daun atau bundle sheath cells yang mengelilingi pembuluh daun.



Gambar 5. Sel Seludang Daun Tanaman Tipe C₄ yang Mengelilingi pembuluh Daun (sumber: acitrapratiwi.com)

5. Curah Hujan

Tanaman jagung membutuhkan curah hujan relatif sedikit. Tanaman jagung akan tumbuh normal pada curah hujan sekitar 250 – 5000 mm ; kurang atau lebih dari angka ini akan menurunkan hasil jagung. Kandungan air optimal untuk perkecambahan biji sekitar 25% – 60% dari kapasitas lapangan; jika melebihi 60% maka akan mengganggu perkecambahan. Setelah perkecambahan, kebutuhan airnya relatif sedikit, sedangkan kebutuhan air terbanyak terjadi setelah tanaman jagung berbunga. Hujan lebat dalam waktu sebentar pada stadia berbunga disusul penyinaran matahari merupakan pengaruh baik untuk produksi jagung dibanding hujan terus-menerus atau tidak ada hujan sama sekali.

B. Tanah

Jagung dapat ditanam di hampir semua jenis tanah, asalkan tanahnya subur, gembur (sarang), dan kaya akan humus. Selain itu, drainase, aerasi, dan pengelolaan yang baik akan membantu keberhasilan usaha tanaman jagung. Berdasarkan hasil penelitian, pH tanah yang baik untuk pertumbuhan jagung di Indonesia adalah antara 5,5 – 7,5, sedangkan yang paling baik adalah pH 6,8. Pada tanah-tanah dengan pH rendah (kurang dari 5,5) pertumbuhan tanaman jagung kurang baik, hal

ini mungkin disebabkan karena keracunan ion-ion alumanium. Pada pH tanah di atas 8,0 tanaman masih dapat tumbuh baik asalkan tanah tersebut cukup mengandung zat hara terutama hara mikro (Wahyudin dkk, 2017).



Gambar 6. Tanah yang sesuai untuk Pertumbuhan Jagung (Sumber: blogtaniajoy.id)

Pada tanah-tanah dengan pH rendah, sebaiknya dilakukan pengapuran dengan maksud menaikkan pH tanah ; selain itu, akan menambah hara-hara tanaman karena hara-hara yang tadinya terikat akan dilepas tanah ; juga dapat menambah kalsium tanah yang berguna untuk pertumbuhan tanaman (Wahyudin dkk, 2017).

A. Varietas Unggul

Penggunaan varietas unggul (baik hibrida maupun komposit) mempunyai peranan penting dalam upaya peningkatan produktivas jagung. Memilih varietas hendaknya melihat deskripsi varietas terutama potensi hasilnya, ketahanannya terhadap hama atau penyakit, ketahanannya terhadap kekeringan, tanah masam, umur tanaman, warna biji dan disenangi baik petani maupun pedagang. Beberapa varietas unggul jagung yang dapat dijadikan sebagai pilihan untuk budidaya jagung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa Varietas Unggul Jagung Komposit dan Hibrida

varietas	Tahun pelepasan	Potensi Hasil (t/Ha)	Umur Panen (Hari)	Ketahanan Penyakit Bulai	Keunggulan Spesifik
<i>Komposit/bersari bebas</i>					
Lamuru	2000	7,6	95	Agak toleran toleran	Tahan kekeringan Tahan kemasaman
Sukamaraga	2003	8,5	100		
<i>Hibrida</i>					
BISI 12					
BISI 16		11	105		
NK 22		12	110		
NK 77		9	95		
PIONEER 11		10	95		
PIONEER 12		11	105		
PIONEER 21		12	105		
PIONEER 23		12	110		
DK 3		10	105		
Semar-8	1999	9,0	94	Toleran Agak toleran Agak toleran Agak toleran Toleran	Umur sedang Biomass tinggi Stay green Stay green Stay green
Semar-10	2001	9,0	97		
Bima-1	2001	9,0	97		
Bima-2 bantimurung	2006	11,0	100		
Bima-3 bantimurung	2006	10,0	100		

Sumber : Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (2008)

B. Benih Bermutu

Penggunaan benih bermutu merupakan langkah awal menuju keberhasilan dalam usahatani jagung. Gunakan benih bersertifikat dengan vigor tinggi. Sebelum ditanam hendaknya dilakukan pengujian daya kecambah benih. Benih yang baik adalah yang mempunyai daya tumbuh lebih dari 90%. Hal ini penting karena dalam budidaya jagung tidak dianjurkan melakukan penyulaman tanaman yang tidak tumbuh dengan menanam ulang benih pada tempat tanaman yang tidak tumbuh. Pertumbuhan tanaman sulaman biasanya tidak normal karena adanya persaingan untuk tumbuh, dan biji yang terbentuk dalam tongkol tidak penuh akibat penyerbukan tidak sempurna, sehingga tidak akan mampu meningkatkan hasil.

Benih yang bermutu, jika ditanam akan tumbuh serentak pada saat 4 hari setelah tanam dalam kondisi normal. Penggunaan benih bermutu akan lebih menghemat jumlah benih yang ditanam. Populasi tanaman yang dianjurkan dapat terpenuhi (sekitar 66.600 tanaman/ha). Sebelum ditanam, hendaknya diberi perlakuan benih (*seed treatment*) dengan metalaksil (umumnya berwarna merah) sebanyak 2 gr (bahan produk) per 1 kg benih yang dicampur dengan 10 ml air. Larutan tersebut dicampur dengan benih secara merata, sesaat sebelum tanam. Perlakuan benih ini dimaksudkan untuk mencegah serangan penyakit bulai yang merupakan penyakit utama pada jagung. Benih jagung yang umumnya dijual dalam kemasan biasanya sudah diperlakukan dengan metalaksil (warna merah) sehingga tidak perlu lagi diberi perlakuan benih.

Benih yang akan digunakan sebaiknya bermutu tinggi, baik mutu genetik, fisik maupun fisiologinya. Berasal dari varietas unggul (daya tumbuh besar, tidak tercampur benih/varietas lain, tidak mengandung kotoran, tidak tercemar hama dan penyakit). Benih yang demikian dapat diperoleh bila menggunakan benih bersertifikat. Pada umumnya benih yang dibutuhkan sangat bergantung pada kesehatan benih, kemurnian benih dan daya tumbuh benih. Penggunaan benih jagung hibrida biasanya akan menghasilkan produksi yang lebih tinggi. Tetapi jagung hibrida mempunyai beberapa kelemahan dibandingkan varietas bersari bebas yaitu harga benihnya yang lebih mahal dan hanya dapat digunakan maksimal 2 kali turunan dan tersedia dalam jumlah terbatas.

C. Penyiapan Benih

Benih dapat diperoleh dari penanaman sendiri yang dipilih dari beberapa tanaman jagung yang sehat pertumbuhannya. Dari tanaman terpilih, diambil yang tongkolnya besar, barisan biji lurus dan penuh tertutup rapat oleh klobot, dan tidak terserang oleh hama penyakit. Tongkol dipetik pada saat lewat fase matang fisiologi dengan ciri: biji sudah mengeras dan sebagian besar daun menguning. Tongkol dikupas dan dikeringkan hingga kering betul. Apabila benih akan disimpan dalam jangka lama, setelah dikeringkan tongkol dibungkus dan disimpan dan disimpan di tempat kering. Dari tongkol yang sudah kering, diambil biji bagian tengah sebagai benih. Biji yang terdapat di bagian ujung dan pangkal tidak digunakan sebagai benih. Daya tumbuh benih harus lebih dari 90%, jika kurang dari itu sebaiknya benih diganti. Benih yang dibutuhkan adalah sebanyak 20-30 kg untuk setiap hektar.

D. Pengolahan Lahan

Pengolahan tanah untuk penanaman jagung dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu olah tanah sempurna (OTS) dan tanpa olah tanah (TOT) bila lahan gembur. Namun bila tanah berkadar liat tinggi sebaiknya dilakukan pengolahan tanah sempurna (intensif). Pada lahan yang ditanami jagung dua kali setahun, penanaman pada musim penghujan (rendeng) tanah diolah sempurna dan pada musim tanam berikutnya (musim gadu) penanaman dapat dilakukan dengan tanpa olah tanah untuk mempercepat waktu tanam. Setelah ditentukan penetapan pengolahan tanah kemudian dilakukan penataan lahan, pembuatan saluran/draenase. Selanjutnya bila pH tanah kurang dari 5, sebaiknya ditambah kapur (dosis 300 kg/ha).

Lahan dibersihkan dari sisa tanaman sebelumnya, sisa tanaman yang cukup banyak dibakar, abunya dikembalikan ke dalam tanah, kemudian dicangkul dan diolah dengan bajak. Tanah yang akan ditanami dicangkul sedalam 15-20 cm, kemudian diratakan. Setiap 3 m dibuat saluran drainase sepanjang barisan tanaman. Lebar saluran 25-30 cm, kedalaman 20 cm. Saluran ini dibuat terutama pada tanah yang drainasenya jelek. Di daerah dengan pH kurang dari 5, tanah dikapur (dosis 300 kg/ha) dengan cara menyebarkan kapur merata/pada barisan tanaman, + 1 bulan sebelum tanam. Sebelum tanam sebaiknya lahan disebari GLIO yang sudah dicampur dengan pupuk kandang matang untuk mencegah penyakit layu pada tanaman.

E. Penanaman

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menanam tanaman jagung. Di antaranya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Penentuan Pola Tanam

a. Tumpang sari (*intercropping*),

Melakukan penanaman lebih dari 1 tanaman (umur sama atau berbeda). Misalnya dengan tumpang sari sama umur seperti jagung dan kedelai; tumpang sari beda umur seperti jagung, ketela pohon, padi gogo.

b. Tumpang gilir (*Multiple Cropping*),

Dilakukan secara beruntun sepanjang tahun dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain untuk mendapat keuntungan maksimum. Misalnya dengan tumpang gilir jagung muda, padi gogo, kedelai, kacang tanah, dll.

c. Tanaman Bersisipan (*Relay Cropping*):

Pola tanam dengan menyisipkan satu atau beberapa jenis tanaman selain tanaman pokok (dalam waktu tanam yang bersamaan atau waktu yang berbeda). Misalnya jagung disisipkan kacang tanah, waktu jagung menjelang panen disisipkan kacang panjang.

d. Tanaman Campuran (*Mixed Cropping*)

penanaman terdiri beberapa tanaman dan tumbuh tanpa diatur jarak tanam maupun larikannya, semua tercampur jadi satu. Lahan efisien, tetapi riskan terhadap ancaman hama dan penyakit. Contoh dari tanaman campuran seperti jagung, kedelai, ubi kayu.

2. Lubang Tanam dan Cara Tanam

Lubang tanam dibuat dengan alat tugal. Kedalaman lubang perlu diperhatikan agar benih tidak terhambat pertumbuhannya. Kedalaman lubang tanam antara: 3-5 cm, dan tiap lubang hanya diisi 1 butir benih. Jarak tanam jagung disesuaikan dengan umur panennya, semakin panjang umurnya, tanaman akan semakin tinggi dan memerlukan tempat yang lebih luas. Jagung berumur dalam/panjang dengan waktu panen ≥ 100 hari sejak penanaman, jarak tanamnya dibuat 40x100 cm (2 tanaman /lubang). Jagung berumur sedang (panen 80-100 hari), jarak tanamnya 25x75 cm (1 tanaman/lubang). Sedangkan jagung berumur pendek (panen < 80 hari), jarak tanamnya 20x50 cm (1 tanaman/lubang). Kedalaman lubang tanam yaitu antara 3- 5 cm.

3. Cara Penanaman

Pada jarak tanam 75 x 25 cm setiap lubang ditanam satu tanaman. Dapat juga digunakan jarak tanam 75 x 50 cm, setiap lubang ditanam dua tanaman. Tanaman ini tidak dapat tumbuh dengan baik pada saat air kurang atau saat air berlebihan. Pada waktu musim penghujan atau waktu musim hujan hampir berakhir, benih jagung ini dapat ditanam. Tetapi air hendaknya cukup tersedia selama pertumbuhan tanaman jagung. Pada saat penanaman sebaiknya tanah dalam keadaan lembab dan tidak tergenang. Apabila tanah kering, perlu diairi dahulu, kecuali bila diduga 1-2 hari lagi hujan akan turun. Pembuatan lubang tanaman dan penanaman biasanya memerlukan 4 orang (2 orang membuat lubang, 1 orang memasukkan benih, 1 orang lagi memasukkan pupuk dasar dan menutup lubang). Jumlah benih yang dimasukkan per lubang tergantung yang dikehendaki, bila dikehendaki 2 tanaman per lubang maka benih yang dimasukkan 3 biji per lubang, bila dikehendaki 1 tanaman per lubang, maka benih yang dimasukkan 2 butir benih per lubang.

F. Pemeliharaan

Menurut Badan Pangan dan Penyuluhan Pertanian (2009), menyatakan bahwa pemeliharaan jagung dalam budidaya tanaman jagung adalah sebagai berikut:

1. Penjarangan dan Penyulaman

Dengan penjarangan maka dapat ditentukan jumlah tanaman per lubang sesuai dengan yang dikehendaki. Apabila dalam 1 lubang tumbuh 3 tanaman, sedangkan yang dikehendaki hanya 2 atau 1, maka tanaman tersebut harus dikurangi. Tanaman yang tumbuhnya paling tidak baik, dipotong dengan pisau atau gunting yang tajam tepat di atas permukaan tanah. Pencabutan tanaman secara langsung tidak boleh dilakukan, karena akan melukai akar tanaman lain yang akan dibiarkan tumbuh. Penyulaman bertujuan untuk mengganti benih yang tidak tumbuh/mati. Kegiatan ini dilakukan 7-10 hari sesudah tanam. Jumlah dan jenis benih serta perlakuan dalam penyulaman sama dengan sewaktu penanaman. Penyulaman hendaknya menggunakan benih dari jenis yang sama. Waktu penyulaman paling lambat dua minggu setelah tanam.

2. Penyiangan

Penyiangan bertujuan untuk membersihkan lahan dari tanaman pengganggu (gulma). Penyiangan dilakukan 2 minggu sekali. Penyiangan pada tanaman

jagung yang masih muda biasanya dengan tangan atau cangkul kecil, garpu dan sebagainya. Yang penting dalam penyiangan ini tidak mengganggu perakaran tanaman yang pada umur tersebut masih belum cukup kuat mencengkeram tanah. Hal ini biasanya dilakukan setelah tanaman berumur 15 hari.

3. Pembubuan

Pembubunan dilakukan bersamaan dengan penyiangan dan bertujuan untuk memperkokoh posisi batang, sehingga tanaman tidak mudah rebah. Selain itu juga untuk menutup akar yang bermunculan di atas permukaan tanah karena adanya aerasi. Kegiatan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 6 minggu, bersamaan dengan waktu pemupukan. Caranya, tanah di sebelah kanan dan kiri barisan tanaman diuruk dengan cangkul, kemudian ditimbun di barisan tanaman. Dengan cara ini akan terbentuk guludan yang memanjang. Untuk efisiensi tenaga biasanya pembubunan dilakukan bersama dengan penyiangan kedua yaitu setelah tanaman berumur 1 bulan.

4. Pengairan dan Penyiraman

Setelah benih ditanam, dilakukan penyiraman secukupnya, kecuali bila tanah telah lembab. Pengairan berikutnya diberikan secukupnya dengan tujuan menjaga agar tanaman tidak layu. Namun menjelang tanaman berbunga, air yang diperlukan lebih besar sehingga perlu dialirkan air pada parit-parit di antara bumbunan tanaman jagung.

G. Pemupukan

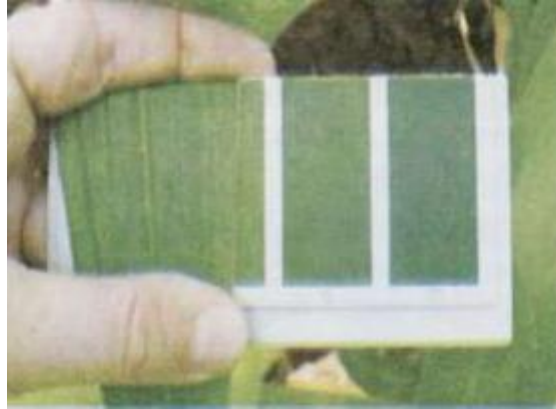
Berdasarkan hasil penelitian, takaran pupuk untuk tanaman jagung di Lampung berdasarkan target hasil adalah 350-400 kg urea/ha, 100-150 kg SP-36/ha, dan 100-150 kg KCl/ha. Cara pemberian pupuk, ditugal sedalam 5 cm dengan jarak 10 cm dari batang tanaman dan ditutup dengan tanah. Waktu pemupukan seperti pada Tabel 2 dan Tabel 2.

Tabel 2. Takaran Pupuk Dan Waktu Pemberiannya Pada Tanaman Jagung, Jika Menggunakan Pupuk Tunggal Urea, SP-36, Dan KCL

Waktu pemupukan	Urea (kg/Ha)	SP-36 (kg/Ha)	KCL (kg/Ha)
7 hst	100	150	100
28-30 hst	150	-	-
45-50 hst (gunakan BWD)	100-150	-	-

Keterangan : BWD = Bagan warna daun
HST = hari setelah tanam

Bagan warna daun hanya digunakan pada waktu pemberian pupuk ketiga. Sebelum pemupukan, dilakukan pembacaan BWD dengan cara menempelkan daun jagung teratas yang sudah sempurna terbuka. Waktu pembacaan sebaiknya sore hari agar tidak terpengaruh dengan cahaya matahari. Cara pembacaan seperti pada gambar 6.



Gambar 7. Cara penggunaan BWD (Sumber:kebunmenhow.com)

Keterangan:

Berikan N (urea) berdasar kan skala BWD pada fase V10-12 (umur 44 hst Sebelum pemupukan ketiga)

- Bila pembacaan skala BWD = 4,5, segera berikan urea 150 kg/ha
- Bila skala BWD > 4,5, berikan N (urea) sebanyak 100 kg/ha



Gambar 8. Tanaman yang dipupuk Urea berdasarkan BWD (saumber: google.com)

H. Pemeliharaan

Menurut Badan Pangana dan Penyuluhan Pertanian (2009), menyatakan bahwa pemeliharaan jagung dalam budidaya tanaman jagung adalah sebagai berikut:

1. Penjarangan dan Penyulaman

Dengan penjarangan maka dapat ditentukan jumlah tanaman per lubang sesuai dengan yang dikehendaki. Apabila dalam 1 lubang tumbuh 3 tanaman, sedangkan yang dikehendaki hanya 2 atau 1, maka tanaman tersebut harus dikurangi. Tanaman yang tumbuhnya paling tidak baik, dipotong dengan pisau atau gunting yang tajam tepat di atas permukaan tanah. Pencabutan tanaman secara langsung tidak boleh dilakukan, karena akan melukai akar tanaman lain yang akan dibiarkan tumbuh. Penyulaman bertujuan untuk mengganti benih yang tidak tumbuh/mati. Kegiatan ini dilakukan 7-10 hari sesudah tanam. Jumlah dan jenis benih serta perlakuan dalam penyulaman sama dengan sewaktu penanaman. Penyulaman hendaknya menggunakan benih dari jenis yang sama. Waktu penyulaman paling lambat dua minggu setelah tanam.

2. Penyiangan

Penyiangan bertujuan untuk membersihkan lahan dari tanaman pengganggu (gulma). Penyiangan dilakukan 2 minggu sekali. Penyiangan pada tanaman jagung yang masih muda biasanya dengan tangan atau cangkul kecil, garpu dan sebagainya. Yang penting dalam penyiangan ini tidak mengganggu perakaran tanaman yang pada umur tersebut masih belum cukup kuat mencengkeram tanah. Hal ini biasanya dilakukan setelah tanaman berumur 15 hari.

3. Pembubuan

Pembumbunan dilakukan bersamaan dengan penyiangan dan bertujuan untuk memperkokoh posisi batang, sehingga tanaman tidak mudah rebah. Selain itu juga untuk menutup akar yang bermunculan di atas permukaan tanah karena adanya aerasi. Kegiatan ini dilakukan pada saat tanaman berumur 6 minggu, bersamaan dengan waktu pemupukan. Caranya, tanah di sebelah kanan dan

kiri barisan tanaman diuruk dengan cangkul, kemudian ditimbun di barisan tanaman. Dengan cara ini akan terbentuk guludan yang memanjang. Untuk efisiensi tenaga biasanya pembubunan dilakukan bersama dengan penyiangan kedua yaitu setelah tanaman berumur 1 bulan.

4. Pengairan dan Penyiraman

Setelah benih ditanam, dilakukan penyiraman secukupnya, kecuali bila tanah telah lembab. Pengairan berikutnya diberikan secukupnya dengan tujuan menjaga agar tanaman tidak layu. Namun menjelang tanaman berbunga, air yang diperlukan lebih besar sehingga perlu dialirkan air pada parit-parit di antara bumbunan tanaman jagung.

BAB IV

Hama dan Penyakit Jagung

Muhammad JUNAID

4.1. Pendahuluan

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung tidak lepas dari pengaruh proses interaksi antara lingkungan fisik (abiotik) dan mikro/organisme (biotik). Kedua faktor kunci ini menjadi pembatas utama peningkatan produksi jagung dan atau sebaliknya. Jika kondisi fisik yang ekstrim seperti suhu, pH, jenis tanah, potensi air, garam, dan ketersediaan unsur hara yang tidak mendukung pertumbuhan dan perkembangannya, tanaman mengalami gangguan fisiologis yang berdampak pada pilihan gejala khas; **klorosis**, **nekrosis**, **hipoplasia** atau **hiperplasia**. Berbeda jika dukungan faktor lingkungan yang sesuai, tanaman akan tumbuh dan berkembang secara optimum. Sama halnya dengan interaksi faktor fisik yang sesuai, interaksi antara tanaman dengan organisme dan mikroorganisme di lapangan dimana tanaman dapat memperoleh keuntungan untuk pertumbuhan yang optimum atau keuntungan perlindungan melawan serangan hama dan penyakit dari hasil interaksi ini.

Pembahasan mengenai interaksi tanaman dan mikro/organisme lebih mendalam pada buku lain yang khusus membahas hubungan antara tanaman dan mikro/organisme. Buku tersebut sedang dalam penyusunan dan proses penerbitan.

Salah satu faktor pembatas terpenting dalam mempertahankan dan meningkatkan produksi jagung secara nasional adalah gangguan hama dan patogen tanaman. Serangan hama dan patogen (penyebab penyakit) pada komoditas jagung dapat terjadi setiap fase produksi jagung seperti penyimpanan, pembibitan, pembuahan sampai panen. Kerusakan yang timbulkan oleh hama dan penyakit signifikan menurunkan kuantitas dan kualitas produk, gagal panen, dan mengancam kesehatan manusia dan hewan akibat aflatoksin, fumonisins, trichothecenes dan zearalenone yang dihasilkan oleh patogen. Toksin tersebut adalah senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kelompok jamur seperti *Aspergillus*, *Fusarium* dan *Penicillium*. Dampak dari toksin tersebut yang dikonsumsi oleh hewan dan manusia adalah mulai gangguan pencernaan, gejala akut, kanker sampai kematian (Munkvold, Arias, Taschl, & Gruber-Dorninger, 2019).

Dari sekian banyak hama dan penyakit, buku ini hanya menyajikan informasi hama dan penyakit utama yang berpengaruh secara signifikan pada pertumbuhan dan produksi tanaman. Diantara hama dan penyakit utama, terdapat hama dan penyakit invasif yaitu hama/penyakit yang statusnya baru di agro-ekosistem tetapi sejak kemunculannya menimbulkan kerugian secara ekonomi misalnya hama wereng daun, *Stenocranus pacificus* dan ulat grayak *Spodoptera frugiperda*.

4.2. Hama dan penyakit penting

4.2.1. Hama ‘invasif’ kutu daun (*Stenocranus pacificus*)

Stenocranus pacificus Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae): Kutu daun adalah jenis hama invasif golongan wereng daun yang telah dilaporkan menyerang tanaman jagung di daerah daerah penghasil jagung nasional seperti di Lampung Selatan dan Sumatera Utara. Menurut Simbolon dkk, (2020) siklus hidup hama wereng daun ini berkisar antara 38–47 hari ($41,60 \pm 3,19$). Lama stadia telur, nimfa instar pertama sampai kelima yaitu 9–11 ($10,20 \pm 0,79$), 3–4 ($3,70 \pm 0,48$), 3–4 ($3,90 \pm 0,32$), 3–4 ($3,70 \pm 0,48$), 3–4 ($3,80 \pm 0,42$), dan 3–4 ($3,60 \pm 0,52$) hari. Serangga dewasa betina dapat hidup lebih lama yaitu 13–17 ($15,30 \pm 1,34$) dibandingkan dengan dewasa jantan 8–12 ($10,10 \pm 1,20$) hari. Imago betina mampu bertelur antara 181–214 ($197,60 \pm 11,64$) telur dengan perbandingan nisbah kelamin jantan dan betina, yaitu 1:1,98. Percobaan dilakukan di rumah kaca.

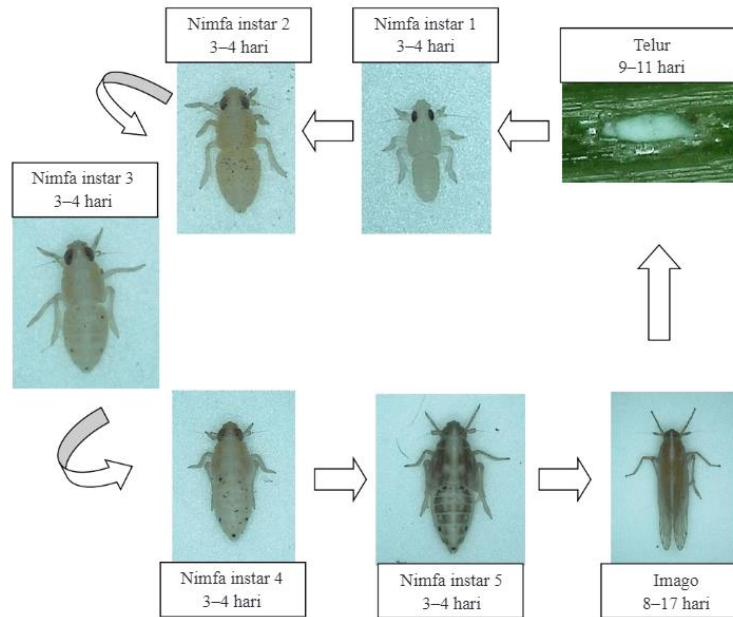


Gambar 9. Serangga muda dan dewasa wereng *Stenocranus pacificus*. Foto; google.com; britishbugs.org.uk.



Gambar 10. Gejala kerusakan hama kutu daun. Daun tanaman mengering dan gagal panen. Koloni hama kutu pada pertulangan daun (tanda panah) Sumber: repositori.usu.ac.id [google.com]

Gejala kerusakan yang ditimbulkan oleh hama kutu ini antarlain adalah warna daun menjadi hijau pucat, mengkerut, dan lama ke lamaan daun mengalami kematian jaringan yang ditandai dengan daun menjadi hawar. Daun yang mengalami fase injuri, daun mengering dan layu.



Gambar 11. Siklus hidup wereng daun jagung [Sumber: simbolon, 2017]

Tabel 3. Lama setiap stadia *Stenocranus pacificus*

Stadia	Rata-rata ± SD (hari)	Range/kisaran (hari)
Telur	10,20 ± 0,79	9–11
Nimfa instar 1	3,70 ± 0,48	3–4
Nimfa instar 2	3,90 ± 0,32	3–4
Nimfa instar 3	3,70 ± 0,48	3–4
Nimfa instar 4	3,80 ± 0,42	3–4
Nimfa instar 5	3,60 ± 0,52	3–4
Imago jantan	10,10 ± 1,20	8–12
Imago betina	15,30 ± 1,34	13–17

Sumber: Simbolon dkk, 2017

Lebih lanjut dikemukakan bahwa proses kopulasi terjadi di pagi hari antara pukul 07.00 sampai 09.00, dan juga terjadi di sore hari yaitu pukul 16.00 sampai 18.00. serangga betina dan jantan dewasa mampu berkopulasi lebih dari satu kali sepanjang hidupnya. Abdomen bawah **imago** jantan berwarna. Sehabis kopulasi, imago betina tidak langsung meletakkan telur. Butuh 2 sampai 4 hari ($3,10 \pm 0,74$) serangga betina dewasa untuk memulai fase peneluran. Serangga betina memulai meletakkan telur antara 5–9 ($7,10 \pm 1,37$) hari. Sementara itu, imago jantan akan mengalami kematian pasca imago betina meletakkan telur antara 4–7 ($5,50 \pm 1,08$) hari. Satu ekor betina dewasa mampu meletakkan telur sebanyak 300 butir. Lama periode prapeneluran, peneluran, dan pascapeneluran juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Penjelasan lebih lanjut tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap bioekologi secara pasti, masih belum banyak data yang tersedia.

4.2.2. Lalat bibit (*Atherigona* sp.)



Gambar 12. Lalat bibit (*Atherigona* sp.) [sumber:google.com]

Lalat bibit berukuran kecil, telur berbentuk memanjang dan diletakkan pada daun termuda (*hypocoty*). Setelah 48 jam telur menetas pada waktu malam, tempayak keluar dari telur lalu bergerak cepat menuju titik tumbuh yang merupakan makanan utamanya. Hama ini mulai menyerang tanaman semenjak tumbuh sampai tanaman berumur sekitar satu bulan. Tempayak lalat bibit menggerek pucuk tanaman dan masuk sampai ke dalam batang. Lalat bibit menyukai tanaman muda yang berumur antara 6 sampai 9 hari setelah tanam (HST) untuk meletakkan telurnya. Lalat bibit cepat berkembang biak dengan pada kelembaban tinggi, oleh karena itu di musim hujan lalat ini merupakan hama utama jagung. Untuk pengendaliannya menggunakan varietas tahan dan seeds treatment melalui tanah pada waktu tanam atau diberikan pada kuncup daun pada umur tanaman satu minggu dengan dosis 0.24 kg b.a/ha.

4.2.3. Ulat tanah (*Agrotis ipsilon* Hwfn.)



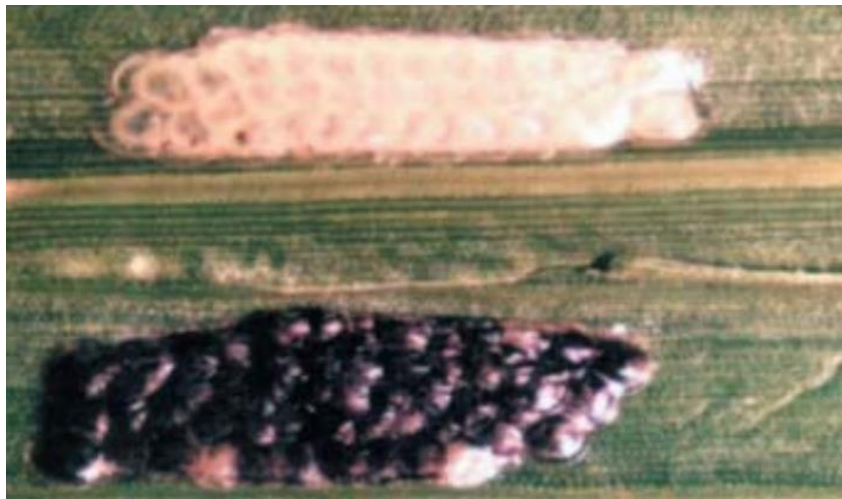
Gambar 13. Ulat tanah (*Agrotis ipsilon* Hwfn.) (sumber: google.com)

Ngengat *Agrotis ipsilon* meletakkan telur satu persatu dalam barisan atau diletakkan rapat pada salah satu permukaan daun pada bagian tanaman dekat dengan permukaan tanah, larva yang lebih tua bersifat geotaksis sehingga pada siang hari bersembunyi di dalam tanah dan muncul kembali untuk makan pada malam hari.

Satu generasi dapat berlangsung 4–6 minggu. Pengendalian: tanam serentak, dapat pula dilakukan penggenangan.

4.2.4. Penggerek batang (*Ostrinia furnacalis* Guenee)

Bioekologi. Hama penggerek batang *Ostrinia furnacalis* adalah salah satu hama penting tanaman jagung dari golongan Lepidoptera dari famili Pyralidae. Hama *Ostrinia furnacalis* juga dikenal sebagai *Asian corn borer* karena ditemukan banyak menyerang tanaman-tanaman jagung di Asia. Ngengat ini juga ditemukan menyerang tanaman jagung di Australia, Papua New Guinea, the Solomon Islands, dan Micronesia. Sekali menyerang, hama ini mampu menurunkan produksi sampai 80% (Ceballo dan Rejesus 1983). Menurut Nonci, (2004) bahwa kehilangan hasil produksi berhubungan langsung dengan padat populasi larva dan umur tanaman yang diserang. Hama ini memiliki spesies yang banyak. Berikut dibawah ini Telur-imago *Ostrinia furnacalis*.



Gambar 14. Kelompok telur *Ostrinia furnacalis* yang baru diletakkan di bawah permukaan daun (atas) dan yang akan segera menetas (bawah)[NurNonci, 2004]

Nonci, (2004) mengemukakan bahwa telur-telur *Ostrinia furnacalis* diletakkan secara berkelompok-kelompok pada bagian bawah daun jagung dimana kelompok-kelompok telur berbentuk menyerupai sisik ikan dengan ukuran yang berbeda-beda. Periode telur berlangsung 3–4 hari. Larva terdiri atas lima instar, setiap instar memiliki periode 3–7 hari.



Gambar 15. Larva instar 5 dan bekas greskan pada batang [Nonci, 2004]



Gambar 16. Pupa betina (kiri) dan jantan (kanan) penggerek batang (*Ostrinia furnacalis* Guenee) (Nonci, 2004)



Gambar 17. Ngegat betina (kiri) dan jantan (kanan) *Ostrinia furnacalis* (Nonci dan Baco, 1991)

Pada umumnya telur *Ostrinia furnacalis* yang mencapai 90 butir diletakkan pada tulang daun bagian bawah dari tiga daun teratas. Ulat yang keluar dari telur menuju bunga jantan dan menyebar bersama angin. Ada pula yang langsung menggerek tulang daun. Populasi larva penggerek batang cukup rendah pada 50 HST yaitu 6 larva/100 tanaman dengan instar 2-3. Pengendalian: dengan menggunakan insektisida Carbofuran 3% di

pucuk tanaman sebanyak 2-3 g pertanaman. Ukuran pupa dan ngengat penggerek batang jagung, *Ostrinia furnacalis* dapat dilihat pada Tabel berikut dibawah ini.

Tabel 4. Ukuran pupa (mm) dan ngengat *Ostrinia furnacalis* (Nonci dan Baco, 1991)

Stadium	Jantan		Betina	
	Ukuran	Rata-rata	Ukuran	Rata-rata
Pupa				
Panjang	11 – 16	13,80	13 – 17	15,40
Lebar	2 – 4	2,90	2,50 – 4	3,30
Ngengat				
Panjang badan	11,50 – 15	13,50	12 – 15,50	13,60
Lebar badan	2 – 4	2,90	3 – 4	3,30
Bukaan sayap	22 – 29,50	26,70	27,50 – 35,50	31,30
Panjang sayap depan	10 – 13,50	11,90	12 – 15,50	14,10
Panjang sayap belakang	7 – 11	8,70	8 – 13	10,70

Menurut Nonci dan Baco, (1991) bahwa ukuran pupa dan ngengat betina lebih dan jantang penggerek batang jagung berbeda yang didasarkan pada pengamatan dan rearing serangga di Lab dengan suhu 26,6- 31,6 °C dan kelembaban 71,9-84,5%. Pada betina, stadia pupa memiliki panjang rata-rata 15.4 mm dengan lebar 3,3 mm. Sedangkan pada jantan penggerek batang ini, panjang pupa rata-rata 13,8 mm dengan lebar 2.9 mm. Begitu pula dengan Serangga dewasa (ngengat) dimana serangga betina jauh lebih besar dari pada jantan. Nengat betina memiliki panjang badan rata-rata 13.6 mm, lebar badan 3,3 mm, panjang sayap depan 14,1 mm dan sayap belakang 10.7 mm dan bentangan sayap 31,3 mm. Ngengat jantan memiliki panjang badan rata-rata 13,5 mm, lebar badan 2,9 mm, panjang sayap depan 11,9 mm dan belakang 8,7 mm dan bentangan sayap 26,7 mm.

Tabel 5. Siklus hidup penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis* yang dipelihara di dalam ruangan terkontrol (Nonci dan Baco, 1991)

Stadium	Lama hidup (hari)	Rata-rata lama hidup (hari)
Telur	3-4	3,60
Larva		
Instar I	3-5	3,30
Instar II	3-5	3,70
Instar III	3-5	3,80
Instar IV	3-4	3,40
Instar V	3-7	4,70
Pupa	7-9	8,50
Ngengat	2-7	3,50

Lama perkembangan larva bervariasi, bergantung pada bagian tanaman jagung yang dimakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jagung yang berumur 6 minggu paling disenangi oleh larva *O. furnacalis*. Larva terdiri atas lima instar dengan ukuran yang berbeda-beda. Larva instar I memiliki panjang 1–3 mm dengan rata-rata 1,40; larva instar II 3,50–5 mm dengan rata-rata 4,30 mm; larva instar III 7–12 mm dengan rata-rata 9,10 mm; larva instar IV 13–20 mm dengan rata-rata 17,20 mm; dan larva instar V 16–24 mm dengan rata-rata 21,50 mm. Larva yang baru menetas berwarna putih bening dengan caput berwarna hitam. Larva instar pertama langsung berpencar ke bagian tanaman yang disukai.

4.2.5. Ulat grayak (*Spodoptera litura* F., *Mythimna separata*)



Gambar 18. Ulat grayak (*Spodoptera litura* F., *Mythimna separata*)
(Sumber: Google.com)

Ulat ini muncul dipertanaman setelah 11 – 30 HST. Serangan pada tanaman muda dapat menghambat pertumbuhan tanaman bahkan dapat mematikan tanaman. Serangan berat pada pertanaman dapat mengakibatkan tinggal tulang-tulang daun saja. Pengendalian: dengan menggunakan insektisida Carbofuran 3% diberikan pada pucuk tanaman.

4.2.6. Wereng Jagung (*Peregrinus maidis* Ashm.)



Gambar 19. Wereng Jagung (*Peregrinus maidis* Ashm.) (sumber: google.com)

Bentuk dan ukuran serangga dewasa mirip dengan hama wereng coklat dewasa yang menyerang padi. Siklus hidup 25 hari, masa telur 8 hari, telurnya berbentuk bulat panjang dan agak membengkok (seperti buah pisang), warna putih bening yang diletakkan pada jaringan pelepah daun secara terpisah atau berkelompok. Gejala serangan pada daun tampak bercak bergaris kuning, garis-garis pendek terputus-putus sampai bersambung terutama pada tulang daun kedua dan ketiga. Daun tampak bergaris kuning panjang, begitu pula pada pelepah daun. Pertumbuhan tanaman akan terhambat, menjadi kerdil, tanaman menjadi layu dan kering (hopper burn). Pengendalian : waktu tanam serempak, waktu tanam dilakukan pada akhir musim hujan dan bila menggunakan insektisida gunakan insektisida Carbofuran 3%.

4.2.8. Penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera* Hubn.)



Gambar 20. Penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera* Hubn.)
(sumber: google.com)

Serangga ini muncul di pertanaman pada umur 45 – 56 hari setelah tanam (HST), bersamaan dengan munculnya rambut-rambut tongkol. Telur diletakkan pada rambut-rambut tongkol secara tunggal. Selain menyerang tongkol juga menyerang pucuk dan menyerang malai sehingga bunga jantan tidak terbentuk yang mengakibatkan hasil berkurang itu penggerek tongkol dikenal sebagai serangga kanibal yang memakan satu sama lain. Pengendalian: dengan menggunakan parasit *Trichogramma* sp., menggunakan insektisida bila ditemui 3 tongkol rusak per 50 tanaman pada saat tanaman baru terbentuk buah dengan mengaplikasikan insektisida Carbofuran 3% pada saat menjelang berbunga.

4.2.8. Hama ‘invasif’ ulat grayak *Spodoptera frugiperda*



Gambar 21. Imago *Spodoptera frugiperda* (sumber: google.com)

Spodoptera frugiperda memiliki ciri-ciri fisik sebagai berikut: memiliki tanda huruf Y terbalik pada bagian kepala, memiliki 4 buah titik (pinacula) pada abdomen segmen ke-8 dan memiliki garis tebal seperti pita pada bagian lateral tubuh.



Gambar 22. Larva *Spodoptera frugiperda*. (panah merah) dua pasu bintik-bintik ujung bagian abdomen yang menjadi ciri khas larva *S. frugiperda* yang tidak dimiliki oleh *Spodoptera* spesies lainnya. Bagian kepala terdapat tanda huruf 'V' [Sumber: google.com]



Gambar 23. Gejala kerusakan tanaman jagung akibat serangan larva *Spodoptera frugiperda*. Batang jagung terpotong [sumber google.com]

Gejala kerusakan hama *Spodoptera frugiperda* jauh lebih besar dibanding hama ulat grayak lainnya. Hama ini lebih aktif, lebih rakus dan memiliki kemampuan terbang mencapai 100 kilometer dengan bantuan angin. Selain menyerang tanaman jagung, *S. frugiperda* memiliki kisaran inang yang luas yang tanaman padi, sorgum, tomat, kentang, kubis, melon, ketela pohon dll.

Serangan dapat terjadi pada masa vegetative atau pada tanaman jagung muda. Daun yang terserang terlihat berlubang, titik tumbuh terpotong atau berlubang, serta ditemukan banyak kotoran yang bentuk dan warnanya menyerupai serbuk gergaji (Gambar 23). Pada masa generative, hama dapat menyerang tongkol jagung. Pencegahan dan pengendalian secara terpadu dapat membantu mengendalikan hama invasif ini.

4.3. Penyakit Tanaman Jagung

4.3.1. Penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*.)



Gambar 24. Gejala penyakit bulai. Sumber: Corteva .id. insert: Kompasiana

Gejala penyakit bulai ini, daun berklorosis sebagian atau seluruh daun, bila tanaman terinfeksi lebih awal akan menyebabkan tanaman kerdil, tidak berbuah, tetapi bila bertongkol, tongkolnya tidak normal dan dapat pula menyebabkan tanaman mati. Pengendalian: benih yang akan ditanam dilakukan seeds treatment terlebih dahulu dengan menggunakan bahan aktif metalaksil, atau disemprotkan fungisida pada tanaman dimulai pada umur 5 hari setelah tanam sampai tidak ada lagi gutasi ditanaman, dan dapat pula menggunakan varietas tahan.

4.3.2. Penyakit Virus Mozaik Kerdil (VMK)

Penyebab penyakit ini disebabkan oleh Virus Mozaik Tebu, Virus.



Gambar 25. Penyakit Virus Mozaik Kerdil (VMK) (sumber: google.com)

Mozaik Ketimun atau Virus Mozaik Kerdil. Gejala terlihat pada daun dengan adanya perubahan warna yang menjadi hijau muda diantara hijau tua normal. Pengendalian: aplikasi insektisida untuk mengendalikan vektor dengan yang berbahan aktif monokrotofos, tamaron atau thiodan dan melakukan eradikasi pada tanaman yang terserang

4.3.3. Penyakit bercak daun (*Bipolaris maydis*)



Gambar 26. Penyakit bercak daun (*Bipolaris maydis*) (sumber: google.com)

Penyebab penyakit bercak daun adalah cendawan *Helminthosporium turcicum* Pass. atau *Helminthosporium maydis* Nisik. Gejala serangan tanaman jagung yang terserang cendawan ini menampilkan gejala berupa bercak coklat kelabu seperti jerami pada permukaan daun dengan ukuran panjang 4

cm dan lebar 0,6 cm. Pengendalian : menggunakan varietas tahan untuk H. turcicum di dataran tinggi, seperti Pioneer-8, NK-11, Kenia-1.

4.3.4. Penyakit Hawar/Upih Daun (*Rhizoctonia solani* Kuhn.)



Gambar 27. Penyakit Hawar/Upih Daun (*Rhizoctonia solani* Kuhn.)
(Sumber: google. com)

Penyebab penyakit ini adalah cendawan *Rhizoctonia solani* Kuhn. Gejala bercak melebar pada daun juga pada pelepah berwarna merah keabuabuan, terlihat adanya butiran berwarna putih (sclerotia) yang dapat berubah warna menjadi kecoklatan yang menempel pada permukaan daun/pelepah yang terinfeksi. Umumnya menyerang pada musim hujan. Pengendalian: dengan menggunakan cendawan *antagonis Trichoderma viride*.

4.3.5. Penyakit Busuk Batang dan Busuk Tongkol (*Fusarium* sp).



Gambar 28. Busuk Tongkol (*Fusarium* sp).(sumber: google.com)

Penyebab penyakit ini selain disebabkan cendawan *Fusarium* sp., dapat pula disebabkan oleh cendawan *Diplodia* sp., dan bakteri *Erwinia* sp. Gejalanya pada pangkal batang busuk sehingga bagian atas layu dan mengering, bila terjadi pada tongkol, tongkol yang terserang menjadi busuk sebagian atau seluruhnya. Pengendalian dengan menggunakan varietas tahan, pemupukan berimbang, hindari penanaman pada musim hujan, dan dapat pula menggunakan fungisida.

BAB V

KONSEP & TEKNIK PENGENDALIAN

Muhammad JUNAID

5.1. Konsep pengendalian

Konsep pengendalian hama dan penyakit tanaman dewasa ini didasarkan pada konsep pengelolaan hama dan penyakit terpadu (PHT) dimana faktor dominan adalah pertimbangan ekologi yaitu pengelolaan ekosistem yang berbasis pada lingkungan dan berkelanjutan dan pertimbangan ekonomi yang lebih menguntungkan petani dan mitra. Konsep pengendalian hama secara terpadu atau dikenal juga dengan *Integrated Pest Control* (IPM) pertama kali diperkenalkan oleh oleh Stern dkk (1959). IPM ini adalah semacam anti tesis dari situasi pengendalian hama tanaman saat itu yang bertumpu pada penggunaan senyawa kimia dengan bahan aktif yang berbahaya. Empat hal dasar dalam mengimplementasikan IPM yang diajukan oleh Stern dkk (1959) antara lain yaitu; (1) perlunya penentuan ambang kendali untuk memutuskan kapan diperlukan tindakan pengendalian; (2) penentuan sampling untuk menentukan titik kritis antara pertumbuhan tanaman dan stadium pertumbuhan hama; (3) pengetahuan dasar tentang pengendalian alami; dan (4) penggunaan jenis insektisida yang selektif dan rasional.

Sementara itu, dinamika perkembangan metode pengendalian hama dan penyakit tanaman di Indonesia tidak terkecuali tetap mengikuti konsep IPM oleh Stern dkk (1959). Menurut Kasumbogo Untung, (2006), pakar PHT Indonesia, bahwa sesungguhnya konsep PHT itu adalah sebuah review terhadap kebijakan pengendalian hama secara konvensional (pengendalian hama dan penyakit yang mengandalkan pestisida) dan terhadap dampak yang ditimbulkan oleh pestisida. Awalnya, penggunaan pestisida dianggap lebih efektif dan ekonomis, faktanya adalah meningkatnya biaya produksi akibat matinya musuh alami dan menurunnya kualitas ekosistem dan kesehatan petani. Oleh sebab itu, PHT lebih menekankan keterpaduan teknik pengendalian hama dan penyakit tanaman.

Sejatinya IPM lebih fokus pada organisme dari golongan hewan atau dikenal dengan 'pest' tetapi seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan semakin kompleks masalah di lapangan, perbedaan fundamental antara defenisi hama dan patogen penyebab penyakit semakin melebar sehingga pengenalan pengelolaan hama dan penyakit terpadu menjadi populer atau lebih dikenal dengan integrated pest and disease management (IPDM).

5.2. Pengendalian kultur teknis

Pengendalian hama dan penyakit dengan cara kultur teknis atau budidaya adalah teknik pengendalian yang tertua karena telah dilakukan sejak dini di ekosistem pertanian. Salah satu yang paling terkenal adalah dengan teknologi pengelolaan tanaman terpadu (PTT) seperti varietas tahan, keragaman varietas, jarak tanam, pengolahan lahan, pengairan dll, yang juga sekaligus melibatkan pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHPT) sebagai indikator penting. Kedua konsep PTT dan PHPT ini tidak dapat dipisahkan satu dengan lainnya. Pengendalian kultur teknis telah dibahas secara rinci pada bab-bab sebelumnya.

5.3. Pengendalian biologi

Pengendalian biologi (pengendalian hayati) adalah pengendalian hama dan penyakit dengan memanfaatkan peran musuh-musuh alami seperti predator, parasitoid dan patogen dalam pengendalian. Pada prinsipnya di ekosistem alami, hama dan penyakit tanaman juga saling berinteraksi dengan musuh-musuh alaminya. Sistem rantai makanan antara predator/parasitoid/patogen dan inangnya berlangsung sempurna. Karena perubahan ekosistem alami yang ditandai dengan keanekaragaman hayati menjadi ekosistem pertanian yang cenderung mono kultur, sistem rantai makanan terganggu yang berdampak pada faktor

dominan terhadap komponen biotik tertentu. Penggunaan pestisida membunuh musuh-musuh alami menyebabkan peran hama tanaman dominan di pertanaman.

Untuk mengembalikan keanekaragaman hayati yang telah diubah menjadi ekosistem buatan atau agroekosistem, praktek-praktek konservasi musuh alami menjadi utama. Konservasi hayati atau konservasi biologi dapat didefinisikan secara luas (Barbosa, 1998; Heywood and Iriondo, 2003) tetapi dalam konteks agro ekosistem, konservasi hayati cenderung diartikan memelihara populasi musuh-musuh alami dari serangga hama artropoda atau yang lebih populer dikenal sebagai konservasi musuh alami (Eilenberg dkk., 2001; Jonsson dkk., 2008) yang berfungsi untuk memperbaiki kemampuan musuh alami dengan teknik-teknik khusus seperti manipulasi lingkungan (ecological engineering) (Landis dkk, 2000) dan untuk mengatasi ketidakseimbangan ekologi melalui keragaman spesies (Tscharrntke et al., 2007). Teknik pengendalian dengan memodifikasi lingkungan ekosistem pertanian disajikan lebih lanjut pada sub-Bab berikutnya.

Konservasi dilakukan dengan cara memelihara kondisi ekologis dengan baik misalnya dengan memakai sistem tanam yang lebih beraneka ragam, menanam dan melestarikan tanaman berbunga sebagai makanan dari musuh alami. Mengintroduksi musuh-musuh alami kedalam area baru akan menemukan masalah adaptasi akibat kompleksitas lingkungan dan pesaing (Huffaker dkk, 1971).

Pengendalian hayati merupakan bagian penting dari IPDM dapat dimaksimalkan secara berkelanjutan melalui tiga tahapan utama yakni dengan melalui introduksi (i). Istilah ini dikenal dengan memasukkan populasi musuh alami yang dibutuhkan dalam jumlah banyak kedalam suatu ekosistem jagung. Dengan augmentasi (ii), yaitu upaya untuk meningkatkan kinerja musuh-musuh alami yang sudah ada sebelumnya melalui pemberian pakan buatan atau pakan alami. Dengan konservasi musuh alami (iii), yaitu kegiatan untuk melestarikan musuh-musuh alami agar tidak terjadi penurunan populasi musuh alami yang telah ada sebelumnya melalui pemeliharaan kondisi ekologis dengan baik. Intercropping dan ecological engineering adalah salah satu cara pelestarian musuh-musuh alami di alam.

Pengendalian biologi dari golongan patogen serangga juga sangat menjanjikan dikembangkan dengan kemampuan mematikan yang relatif tinggi. Pembahasan keefektifitas patogen serangga akan dibahas lebih lanjut pada Sub-Bab berikutnya. Umumnya patogen serangga berasal dari golongan mikroorganisme seperti bakteri, cendawan, dan virus. Patogen-patogen serangga dari golongan bakteri adalah *Bacillus thuringiensis* yang menginfeksi kebanyakan larva dari ordo Lepidoptera. Untuk patogen-patogen serangga hama dari golongan cendawan yang umum diteliti dan digunakan adalah

Beauveria bassiana dan *Metarhizium anisopliae* yang mempunyai banyak inang, sedangkan dari golongan virus adalah nuclear polyhedrosis virus (NPV) dan cytoplasmic polyhedrosis virus (CPV) yang mempunyai banyak inang terutama dari ordo Lepidoptera. Beberapa negara-negara maju yang banyak meneliti dan mengembangkan patogen-patogen serangga hama ini antara lain adalah Amerika Serikat dan negara-negara Eropa Barat yang berhasil mengembangkan formulasi yang sudah dikomersialkan seperti bioinsektisida. Sampai tahun 1990, di Amerika Serikat paling tidak terdapat 10 perusahaan yang memproduksi bioinsektisida (Yatsin dkk, 2000).

5.3.1. Predator dan parasitoid

Contoh yang sukses dalam penerapan pengendalian dengan menggunakan musuh alami adalah dengan menggunakan Coccinellidae predator mengendalikan kutu daun. ditentukan oleh berbagai faktor ekologi. Secara umum ada beberapa faktor ekologi yang mempengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan Coccinellidae predator, antara lain jenis habitat, mangsa, penggunaan insektisida dan keanekaragaman tumbuhan (Efendi et al, 2016).

Tumbuhan berbunga menghasilkan nektar dan aroma nektar yang menarik musuh-musuh alami untuk mendatangi sumber nektar tersebut. Jenis, bentuk, ukuran, dan warna bunga juga mempengaruhi ketertarikan kinerja imago arthropoda musuh alami. Jenis predator yang sering dijumpai di agroekosistem antara lain adalah *Coccinella* sp., *Rhinocoris* sp., *Micraspis* sp., *Micrasmus* sp., *Coranus* sp., dan *Cycanus* sp.



Gambar 29. Kumbang koksi [sumber: google. Com]



Gambar 30. Kumbang Rhinocoris sedang memangsa hama tanaman [sumber: shutterstock.com]



Gambar 31. Kumbang Coranus [sumber: ukrbin.com]



Gambar 32. Kumbang 'ladybird' Micraspis [sumber: jungledragon.com]

Coccinellidae predator merupakan kelompok musuh alami dari kelas heksapoda yang dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Lebih dari 5.200 spesies telah

teridentifikasi yang terdistribusi secara luas di dunia yang berperan sebagai predator (Fiaboe dkk, 2007; Foltz, 2002). Vadenberg, (2009) melaporkan bahwa Coccinellidae yang ada di Australia meliputi *Transversalis Fabricius*, di Amerika seperti *Cryptognaha nodices* Marshall, di Jepang dan California seperti *Radolia cardinalis Mulsant*, di Cina seperti *Chilomenes vicina* Miulsant. Di Indonesia, *Chilocorus destructor* dan *Coccinella* sp.

Secara umum jenis habitat, mangsa, penggunaan insektisida dan keanekaragaman tumbuhan dapat mempengaruhi kelimpahan populasinya. Hildrew dan Townsend (1982) mengemukakan bahwa kelimpahan mangsa akan menarik minat predator untuk datang dan tinggal di tempat tersebut, kemudian diikuti dengan meningkatnya kemampuan predator dalam memangsa. Nurariaty, (2012) mengemukakan bahwa agresifitas serangga betina dewasa jauh lebih tinggi dari pada jantan dan memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan bertahan hidup serta menghasilkan generasi baru.

5.3.2. Cendawan entomopatogen

Pengendalian hama menggunakan cendawan entomopatogen adalah salah satu pengendalain biologi yang populer dikembangkan di seluruh dunia. Dari sekian banyak cendawan entomopatogenik yang dilaporkan, Cendawan entomopatogen dari spesies *Beauveria bassiana* dan *Metarizum anisopliae* yang banyak menarik perhatian. Kedua cendawan ini berbeda karakteristik morfologi. *B. bassiana* memiliki karakteristik miselium warna putih seperti kapas dan miselium berwarna abu-abu pada cendawan *M. anisopliae*.



Gambar. 33. Gejala serangan Bb pada larva serangga hama. Larva terselubungi kapang warna putih. Source: google.com



Gambar 34. Gejala khas infeksi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* pada larva Spodoptera. Larva memufikasi setelah terinfeksi akut. Source: https://www.123rf.com/photo_26001339



Gambar 35. Gejala khas infeksi Bb pada imago lalat kubis cabbage fly (*Delia radicum*). Source: researchgate.net.

Mode of action dari kedua cendawan entomopatogenik ini sama-sama mematikan inangnya dengan menginfeksi sel jaringan dan mengkonsumsi jaringan inang dengan menggunakan toksin, protein dan enzim yang berfungsi menghidrolisis jaringan dalam inang. Inang yang berhasil terinfeksi akan terlihat kaku, memumifikasi yang ditumbuhi oleh miselium. Kemampuan kedua cendawan entomopatogen tersaji pada Tabel_ berikut dibawah ini.

Tabel 6. Kemampuan cendawan entomopatogen (*Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*) mematikan stadia telur serangga hama kapas *Pectinophora gossypiella*

Entomopathogenic fungi	Concentration spores/ml	Eggs mortality (%)	Corrected mortality (%)	Egg hatchability (%)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10 ¹²	41.00	40.0	59.00
	10 ¹¹	33.00	31.98	67.00
	10 ¹⁰	22.00	20.81	78.00
	10 ⁹	17.00	15.73	83.00
	10 ⁸	9.00	7.61	91.00
	Control	1.50	---	98.50
<i>Beauveria bassiana</i>	10 ¹²	53.00	51.81	47.00
	10 ¹¹	44.00	42.51	56.00
	10 ¹⁰	32.0	30.21	68.00
	10 ⁹	24.00	22.1	76.00
	10 ⁸	12.0	9.7	88.0
	Control	2.5	---	97.5

(Sumber: Oma, Ibrahim, & Hamadah, 2021)

Kemampuan cendawan *M. anisopliae* dan *B. bassiana* menyebabkan kematian kelompok telur hama penggerak bol kapas menunjukkan bahwa tidak semua LC₅₀ konsentrasi spora/mL mampu secara efektif mematikan telur. Tabel_ menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi pada kedua cendawan entomopatogen baru memiliki kemampuan mematikan telur penggerak bol kapas. Jika konsentrasi dibawah dari LC₅₀ 10¹² spora/mL, efektifitas cendawan tersebut menurun. Hal ini dapat dilihat kemampuan kelompok telur hama penggerak bol berhasil menetas diatas 70%. Pada konsentrasi spora tertinggi (LC₅₀ konsentrasi 10¹²), kemampuan cendawan entomopatogen *B. bassiana* lebih efektif mematikan telur penggerak bol kapas (47%) dibandingkan dengan *M. anisopliae* (59%).

Kemampuan cendawan entomopatogen mengendalikan larva penggerak bol kapas disajikan pada Tabel_ berikut dibawah ini:

Tabel 7. Kemampuan cendawan entomopatogen mengendalikan larva instar awal (neonate) penggerak bol kapas

Entomopathogenic fungi	Concentration spores/ml	Larval mortality (%)	Pupation (%)	Pupal mortality (%)	Adult emergency (%)	Adult mortality (%)	Total mortality (%)	Corrected mortality (%)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10 ¹²	92.50	07.50	66.7	02.50	0.00	97.50	97.30
	10 ¹¹	75.00	25.00	20.0	20.00	37.5	87.5	78.41
	10 ¹⁰	45.00	55.00	4.5	52.50	14.3	55.00	43.24
	10 ⁹	27.50	72.50	00.00	100.00	6.90	32.50	21.62
	10 ⁸	15.00	85.00	00.00	100.00	0.00	15.00	8.11
	Control	07.50	92.50	00.00	100.00	0.00	07.50	---
<i>Beauveria bassiana</i>	10 ¹²	100.00	-----	----	-----	-----	100.00	100.00
	10 ¹¹	82.50	17.50	28.60	12.50	60.0	95.50	86.11
	10 ¹⁰	70.00	30.00	8.0	27.50	18.1	77.50	69.44
	10 ⁹	47.50	52.50	00.00	100.00	9.25	52.50	41.67
	10 ⁸	32.50	67.50	00.00	100.00	7.41	37.50	25.00
	Control	10.00	90.00	00.00	100.00	0.00	10.00	---

Sama halnya dengan larva instar awal, kemampuan kedua cendawan entomopatogen uji pada LC₅₀ konsentrasi tertinggi 10¹² spora/mL menunjukkan efektifitas mematikan larva yang sangat tinggi. Tidak hanya itu, pada konsentrasi ini, kedua cendawan entomopatogen

menunjukkan keberhasilan dalam mengendalikan stadia pupa dan imago yang mana persentasi kematian pada kedua stadia ini dapat mencapai 100% (blok merah). Lagi-lagi, cendawan entomopatogen *B. bassiana* menunjukkan performa pengendalian larva, pupa dan imago lebih baik dibandingkan dengan *M. anisopliae*. Secara keseluruhan, kedua cendawan entomopatogen uji menunjukkan LC₅₀ efektifitas yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol.

Tabel 8. Kemampuan cendawan entomopatogenik mengendalikan larva instar 4 *Pectinophora gossypiella*

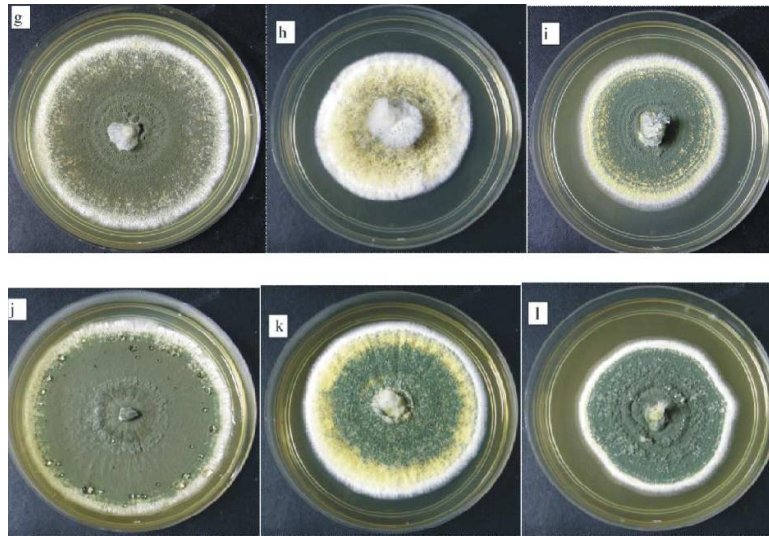
Entomopathogenic fungi	Concentration spores/ml	Larval mortality (%)	Pupation (%)	Pupal mortality (%)	Adult emergence (%)	Adult mortality (%)	Total mortality (%)	Corrected mortality (%)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10 ¹²	57.5	42.5	52.9	20.00	25.0	85.0	84.6
	10 ¹¹	45.0	55.0	31.8	37.50	13.3	67.5	66.7
	10 ¹⁰	32.5	67.5	18.5	55.00	9.1	50.00	48.7
	10 ⁹	22.5	77.5	6.5	72.50	3.5	30.00	28.2
	10 ⁸	15.0	85.0	0.00	100.00	0.00	15.0	12.8
	Control	0.00	100.0	0.00	100.00	2.50	2.50	---
<i>Beauveria bassiana</i>	10 ¹²	65.0	35.0	78.6	7.5	66.7	97.5	97.4
	10 ¹¹	55.0	45.0	55.6	20.0	25.0	85.00	84.6
	10 ¹⁰	47.5	52.5	38.1	32.5	7.70	70.00	69.2
	10 ⁹	35.0	65.0	26.9	47.5	0.00	52.5	51.3
	10 ⁸	22.5	77.5	16.1	65.0	0.00	35.0	33.3
	Control	2.5	97.5	0.00	100.0	0.00	2.5	---

(Sumber: Oma, Ibrahim, & Hamadah, 2021)

Secara keseluruhan, kemampuan cendawan entomopatogenik dengan LC₅₀ konsentrasi 10¹² memiliki tingkat pengendalian larva instar 4 hama penggerek bol kapas mencapai antara 84-97% mortalitas larva. Tidak ada perbedaan signifikan antara kedua cendawan entomopatogenik ini karena *B. bassiana* masih jauh lebih efektif mematikan larva instar 4 (97%) dibandingkan dengan *M. anisopliae* (84.6%). Tetapi kedua cendawan entomopatogenik ini jauh lebih efektif mematikan larva jika dibandingkan dengan masing-masing kontrol.



Gambar 36. Ilustrasi kematian serangga yang terinfeksi oleh *M. anisopliae*. Spora cendawan entomopatogen berwarna coklat muda menyelubungi kutikula inang. Sumber: google.com

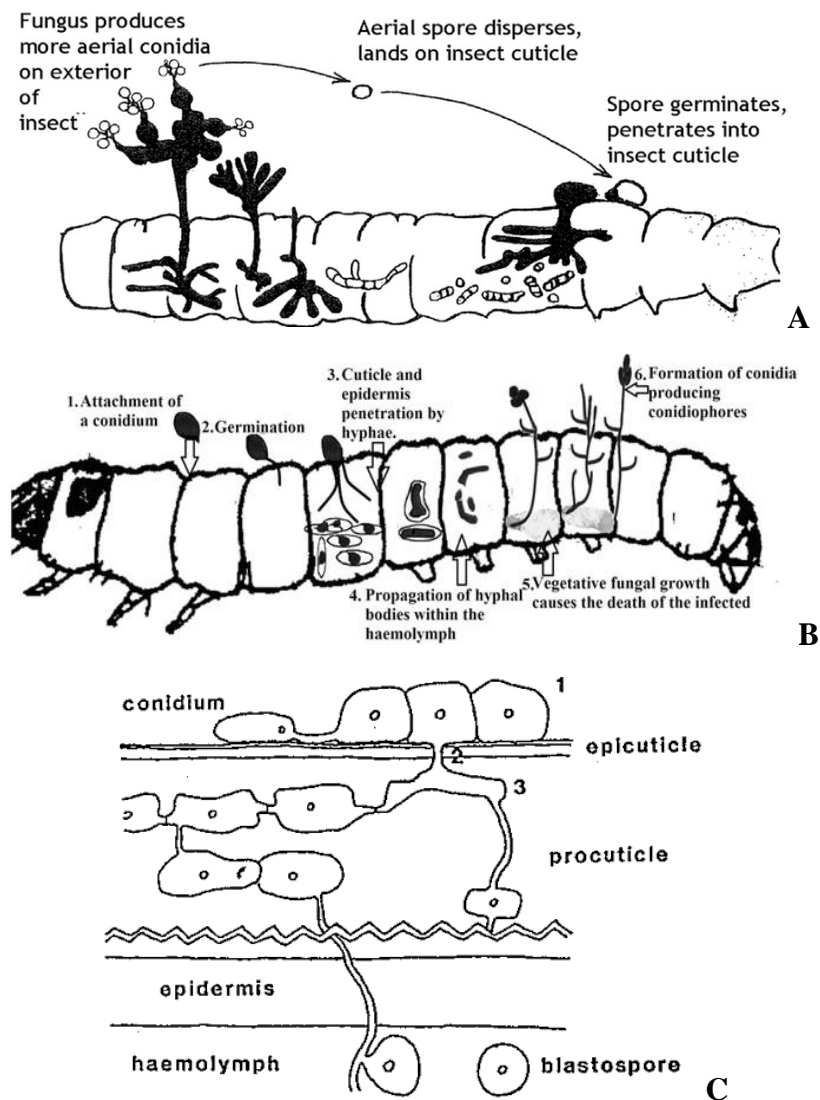


Gambar 37. Karakteristik cendawan *Metarizum anisopliae* secara in vitro. Sumber: google.com



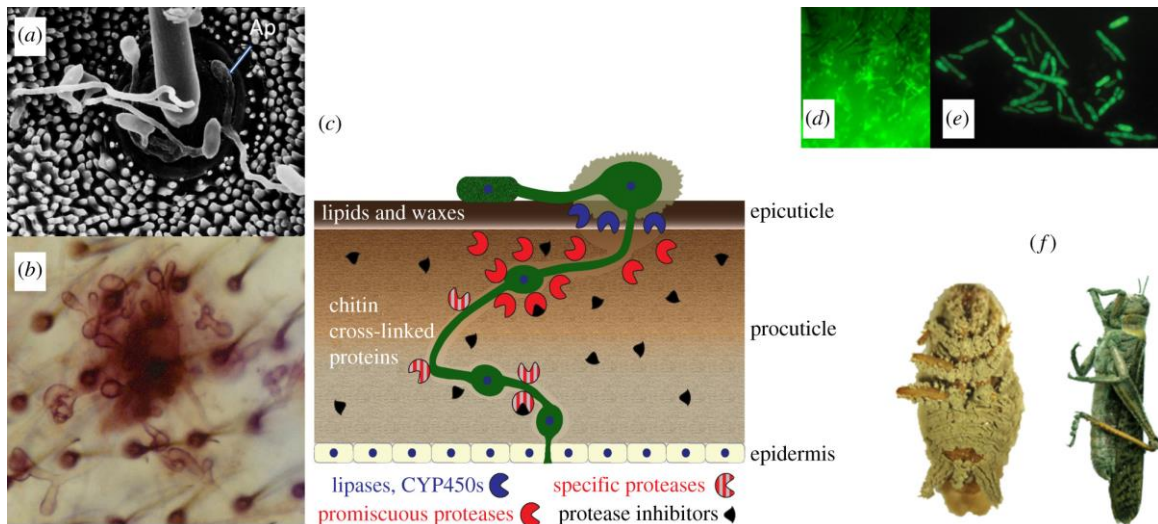
Gambar 38. Formulasi berbahan aktif cendawan entomopatogen *Metarizum anisopliae* Sumber: google. com

5.3.2.1. Cara kerja cendawan entomopatogenik mematikan inang



Gambar 39. Ilustrasi cendawan entomopatogenik *Beauveria bassiana* mematikan larva sampai 2 minggu setelah infeksi. Sumber: google.com dan researchgate.com

Spora cendawan entomopatogen terbawa angin dan hinggap di permukaan tubuh larva inang yaitu tepatnya di lapisan epikutikula. Spora mulai berkecambah menembus epikutikula dan berpenetrasi masuk kedalam lubang-lubang alami yang terdapat pada bulu bulu dipermukaan badannya. Pembentukan tangkai-tangkai spora dan spora yang berhasil menginfeksi kedalam jaringan prokutikula dan mulai menginvasi secara luas jaringan sel. Cendawan akan melakukan kolonisasi dan membentuk hifa/miselum secara vegetatif sebelum menembus lapisan epidermis serangga inang. Penggandaan hifa/miselum secara vegetatif secara massif dalam sistim haemolimph inang.



Gambar 40. Cara kerja infeksi *Metarizum anisopliae* pada serangga inang sebagai hama-hama tanaman. Source: royalsocietypublishing. org

Spora yang berhasil berkecamba dipermukaan tubuh serangga inang, masuk ke dalam jaringan melalui lubang-lubang alami yang terdapat pada permukaan kulit serangga atau lubang-lubang dimana rambut tumbuh (a, b). setelah sukses masuk melalui lubang alami, cendawan entomopatogen kemudian mengeluarkan enzim dan protein di jaringan epikutikula serangga dimana enzim ini berfungsi melisis jaringan lemak dan lapisan lilin yang terkandung dalam kulit epikutikula serangga (c). Keberhasilan cendawan entomopatogen mengkolonisasi jaringan inang tergantung pada kemampuan serangga inang merespons enzim dan protein yang dihasilkan oleh cendawan. Respons tersebut dapat dilihat dengan protein dan spesifik enzim protease yang dihasilkan serangga inang dalam jaringan prokutikula dan jaringan epidermis serangga. Cendawan entomopatogen akan juga menghasilkan enzim kitinase di dalam jaringan yang dibentuk oleh struktur kitin. Cendawan entomopatogen yang sukses mengkolonisasi jaringan inang tampak pada warna hijau terang setelah melalui pewarnaan jaringan dan pengamatan dibawah mikroskop (d, e). Kematian serangga inang ditandai dengan permukaan kutikula diselubungi oleh miselium berwarna beludru gelap dan tubuh serangga menjadi kaku dan mumifikasi (f).

Penelitian yang dilakukan oleh Mita Yusri, (2021) mengungkap bahwa perubahan perilaku larva sejak terpapar *M. anisopliae* dimulai dengan pergerakan yang lambat, nafsu makan yang kurang, perubahan warna yang pucat, kemudian beberapa hari kemudian, tubuh yang hitam, akhirnya larva berubah warna dan menjadi kaku karena kehilangan cairan tubuh inangnya. Jamur tumbuh keluar dari tubuh inangnya dan menghasilkan konidia sehingga tubuh inangnya menjadi keras (mumifikasi). Lebih lanjut dikemukakan

bahwa infeksi terjadi pada pupa menyebabkan warna pupa menjadi menjadi menghitam dan tubuhnya menjadi lembek.

Menurut Yasin dkk, (2000; 1999) bahwa Salah satu pengendalian hayati potensial yang dapat dikembangkan mengendalikan hama utama tanaman jagung adalah *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* di lapangan. Cendawan *M. anisopliae* dan *B. bassiana*, efektif mengendalikan penggerek batang jagung

Reisolasi cendawan entomopatogen pada serangga yang terinfeksi kedalam media PDA, menunjukkan karakteristik cendawan *M. anisopliae* yaitu warna koloni kuning kehijauan dan putih kekuningan dan bentuk koloni tidak rata pada pinggir maupun permukaan. Karakteristik dari cendawan *Metarhizium* dibuktikan secara mikroskopis hifa bersepta dengan konidiofor hialin, konidianya bersel satu, berwarna hialin dan berbentuk bulat silinder. Mita Yusri, (2021) menyimpulkan cendawan entomopatogen *M. anisopliae* lebih efektif mematikan ulat grayak *Spodoptera frugiperda* pada konsentrasi spora 10^8 .

Tabel 9. Pengaruh konsentrasi *Metarhizium anisopliae* terhadap tingkat kematian larva penggerek batang *Ostrinia furnacalis* 6 hari setelah inokulasi

Perlakuan	Konsentrasi konidia/ml	Instar		
		II	III	IV
<i>M. anisopliae</i>	10^4	x 25 (29,89) c	xy 20 (26,57) c	y 17,50 (24,53) b
<i>M. anisopliae</i>	10^5	x 37,50 (37,73) d	y 22,50 (28,23) bc	z 15 (22,50) b
<i>M. anisopliae</i>	10^6	x 45 (42,12) c	y 25 (28,29) bc	z 17,50 (24,53) b
<i>M. anisopliae</i>	10^7	x 55 (47,88) b	y 27,50 (31,55) b	z 20 (26,57) b
<i>M. anisopliae</i>	10^8	x 72,50 (58,45) a	y 50 (45) a	z 35 (36,22) a
Kontrol	–	x 0 (0) f	x 0 (0) d	x 0 (0) c

Pengendalian hama penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis* dengan menggunakan cendawan sangat menjanjikan. Hasil penelitian Yasin dkk, (2000) mengemukakan bahwan semakin tinggi konsentrasi cendawan *Metarhizium anisopliae* semakin tinggi pula tingkat kematian larva dari berbagai instar. Hal yang sama dikemukakan oleh Nonci dkk, (2004) bahwa cendawan entomopatogen efektif mengendalikan hama utama jagung baik di Lab maupun di lapangan dimana konsentrasi spora sangat menentukan keberhasilan pengendalian. Salah satu ciri khas kematian larva terinfeksi cendawan entomopatogen larva banyak berdiam diri dan lama kelamaan

seluruh tubuh akan ditumbuhi miselium. Menurut hasil penelitian yang dikembangkan oleh Nonci dkk (2004) mengemukakan bahwa *Beauveria bassiana* memiliki konidia hialin satu-satu pada sterigmata zig zag. Sampai saat ini dikenal dua spesies *Beauveria*, yaitu *B. bassiana* dan *B. brongniarti*. *B. bassiana* memiliki sejumlah strain yang berbeda virulensi dan patogenitasnya.

5.4. Pengendalian budidaya

Dari sekian banyak teknik pengendalian bercocok tanam yang efektif dan efisien dan mudah diaplikasikan petani, penggunaan varietas tahan adalah yang utama. Penggunaan varietas tahan hama dan penyakit dapat berkontribusi besar menyelamatkan produksi secara signifikan dari kegagalan panen. Selain itu, pemanfaatan musuh-musuh alami juga tidak kalah pentingnya. Pemanfaatan musuh-musuh alami atau yang lebih dikenal luas adalah pengendalian hayati seperti penggunaan predator atau parasitoid hama-hama penting lainnya. Predator dan parasitoid dapat mencari dan memangsa sendiri tanpa mengeluarkan banyak biaya. Pembahasan mengenai varietas tahan dan penggunaan musuh alami secara detail diulas pada sub bab berikut.

5.5. Pengendalian manipulasi lingkungan

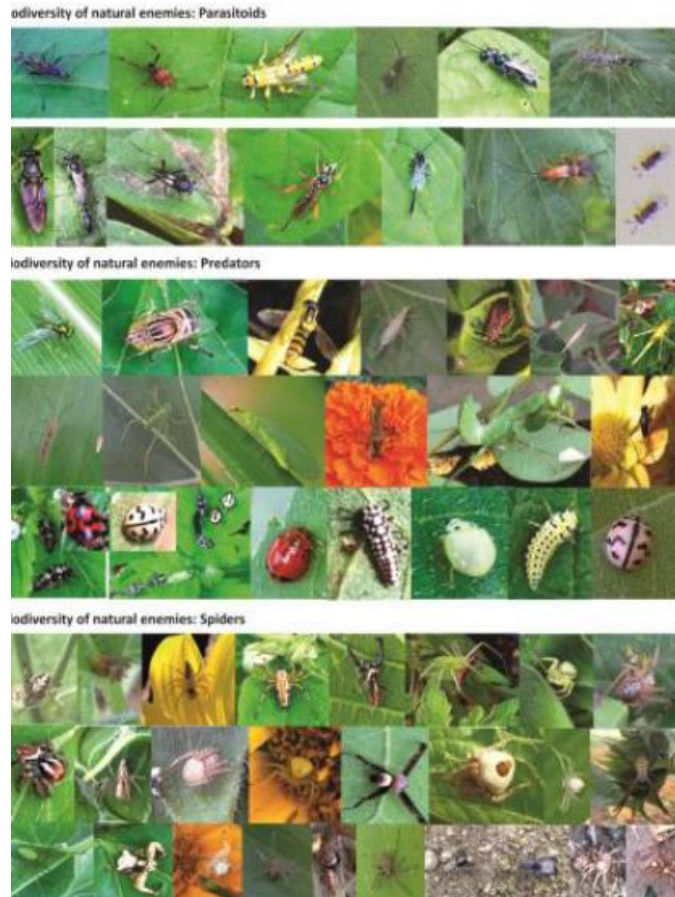
Pengendalian dengan manipulasi lingkungan yang dikenal luas dengan konsep ecological engineering [EE] sudah lama dikembangkan, Dalam konteks IPDM, secara filosofis, menurut Joshi, (2017) bahwa Ecological engineering (EE) adalah satu teknik IPDM dengan komponen terpenting adalah agroekologi yang diaplikasikan untuk merestorasi ekosistem dan produktivitas lahan/kawasan. Teknik ini sejalan dengan pertanian berkelanjutan dari segi aspek input rendah. Teknik ini relatif memiliki input rendah baik dari energi dan bahan-bahan yang diperlukan. Teknik ini bergantung sepenuhnya pada proses alamiah yang melibatkan kinerja musuh-musuh alami atau respons serangga pemakan tumbuhan terhadap keragaman vegetasi.

Konsep EE ini telah dikembangkan secara luas di dunia secara konsisten pada negara-negara yang memiliki pertanian modern yang berkomitmen dengan prinsip-prinsip ekologi. Konsep ini memicu peningkatan kinerja musuh-musuh alami yang berkontribusi terhadap pengetahuan berkelanjutan, teori dan ekologi terapan. Konsep dimana percobaan-percobaan ekologi terapan dipadukan.

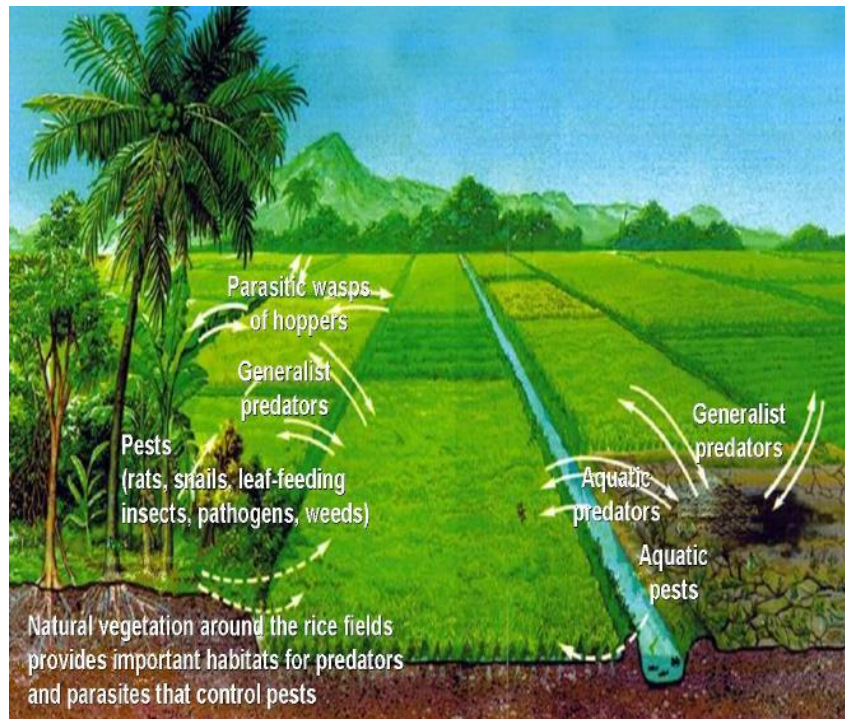


Gambar 41. Tumbuhan berbunga ditanam di pematang-pematang sawah. Source: <http://irri.org/rice-today>

Ilmuan yang pertama kali mempopulerkan konsep EE yang kemudian diadaptasikan kedalam IPDM adalah Dr. Geoff M. Guff tahun 2004. Percobaan percobaan yang dilakukannya di pertanaman padi sangat luas yakni meliputi beberapa negara. Menanam padi yang dikombinasikan dengan tumbuhan berbunga seperti tumbuhan berbunga jenis Cowpea, Marogold, Chrysanthemum, Carrot, Sunflower, Fernsh bean dan Mustard. Jenis tumbuhan berbunga dikenal luas sebagai '*good insectary plants*' karena tumbuhan tersebut disenangi oleh serangga karnivora yang berperan sebagai musuh alami.

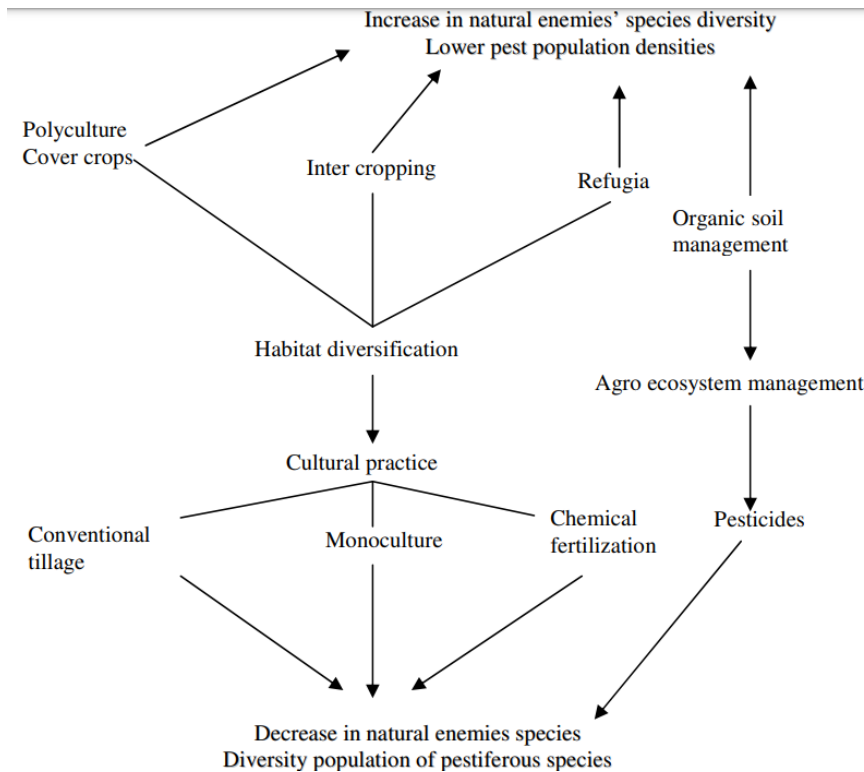


Gambar 42. Keragaman spesies musuh-musuh alami yang terdeteksi dengan konsep EE di agro-ekosistem. Sumber: Joshi, 2020.



Gambar 43. Mekanisme pengendalian secara alami dengan konsep EE di agro-ekosistem. Sumber: Joshi, 2020.

Konsep EE juga sangat baik dalam memperbaiki kualitas keragaman hayati di perakaran tanaman. Dengan kombinasi EE dan entomopatogenik/ parasite patogen tanaman dapat meningkatkan kualitas produksi dan lingkungan.



Gambar 44. Pengaruh kultur teknis dalam mendukung keragaman hayati musuh-musuh alami terhadap kelimpahan serangga hama (Kumar dkk, 2013).

Skenario peningkatan keragaman populasi musuh-musuh alami dan diwaktu yang bersamaan menurunkan populasi spesies hama tanaman dapat dilakukan dengan konsep Ekological engineering (EE). Meningkatkan keragaman tanaman di ekosistem pertanian, seperti pada sistem tanaman terpadu meliputi keragaman varietas, sistem tanam campur (intercropping), penanaman tanaman refugia dan perbaikan hara tanah. Berbeda jika aplikasi pestisida, sistem monokultur, dan aplikasi pupuk sintetis dalam sistem agrokologi, penurunan populasi musuh alami terjadi secara signifikan.

Tumbuhan berbunga merupakan tumbuhan yang berkemampuan memikat banyak serangga dan jasad pemanfaat tumbuhan lainnya, dan memiliki banyak manfaat bagi jasad-jasad ini, misalnya sebagai sumber pakan maupun tempat perhentian (untuk meletakkan telur atau menyembunyikan diri dari bahaya). Fungsi yang beragam ini menyebabkan pentingnya memperhatikan tumbuhan berbunga sebagai habitat khusus bagi serangga dan jasad lainnya, terutama di pertanian yang selama ini dominan sebagai ekosistem monokultur, misalnya pertanian padi. Adanya tumbuhan berbunga akan mengundang berbagai jenis jasad yang dalam ekosistem tersebut memiliki bermacam-macam peran

selain sebagai herbivora, misalnya sebagai musuh alami, polinator atau fungsi ekologis lainnya. Keberagaman fauna karena adanya tanaman berbunga akan menyebabkan terbentuknya ekosistem yang lebih stabil, yang pada gilirannya akan menjaga terjadinya keseimbangan komponen ekosistem. Kehadiran tumbuhan berbunga dengan demikian sangat penting untuk melestarikan populasi musuh alami di suatu ekosistem seperti agroekosistem (Kurniawati, 2015).

Tumbuhan berbunga menarik kedatangan serangga menggunakan karakter morfologi dan fisiologi dari bunga, yaitu ukuran, bentuk, warna, keharuman, periode berbunga, serta kandungan nektar dan polen. Kebanyakan dari serangga lebih menyukai bunga yang berukuran kecil, cenderung terbuka, dengan waktu berbunga yang cukup lama yang biasanya terdapat pada bunga dari famili Compositae atau Asteraceae. Warna bunga merupakan salah satu daya tarik bunga bagi serangga. Bahan dasar dari warna bunga dihasilkan oleh pigmen yang terdapat di dalam kromoplas atau vakuola sel pada jaringan floral. Warna ini dihasilkan melalui proses refleksi dan refraksi cahaya pada permukaan sel (Harborne, 1997).

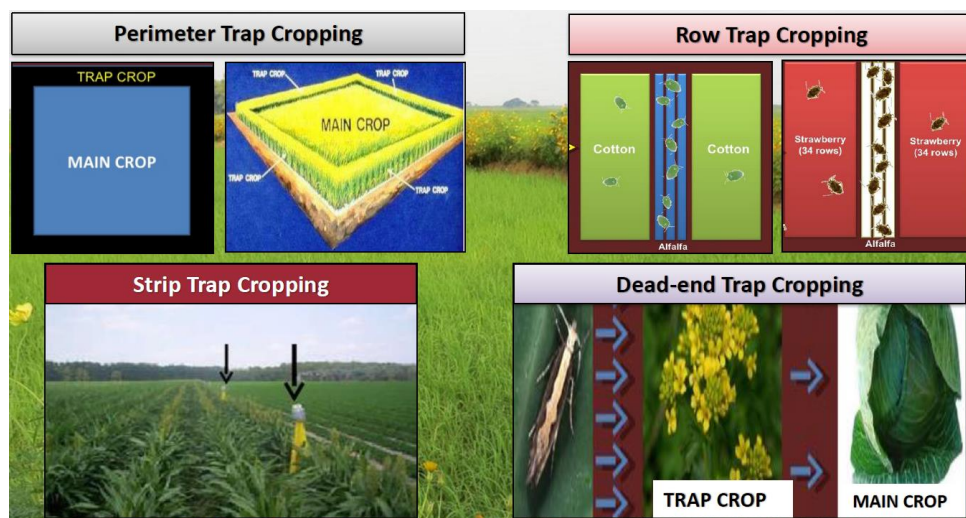
Selain warna, kandungan nektar dan polen pada bunga juga menjadi daya tarik bagi serangga. Nektar adalah kumpulan senyawa kimia yang kompleks dengan kandungan nutrisi yang bervariasi. Umumnya mengandung gula sederhana (monosakarida) yaitu sekitar 15–75% dari beratnya. Bahan lain yang terkandung dalam nektar adalah asam amino, protein, lemak, antioksidan, alkaloid, vitamin, asam organik, allantoin & asam allantoat, dekstrin, dan bahan anorganik lainnya seperti mineral dan air. Polen berfungsi sebagai makanan yang penting bagi serangga terutama larva lebah (Apidae), kumbang, lalat (Syrphidae dan Anthomyiidae), Colembolla, beberapa Orthopteroids dan kupu-kupu (Stanley & Linskens, 1974). Polen umumnya mengandung 16–30% protein, 1–7% pati, 0–15% gula bebas, dan 3–10% lemak (Harborne, 1997).

Bau atau aroma bunga juga menjadi daya tarik sekaligus tanda pengenal jenis tumbuhan bagi serangga. Aroma merupakan salah satu kemampuan adaptasi dari tanaman yang dapat bersifat sebagai penarik atau penolak. Bagi serangga polinator, bau atau aroma bunga lebih sulit dikenali dibandingkan dengan warna dari suatu bunga. Selain karakter morfologi dan fisiologi dari bunga, faktor lain yang mempengaruhi kedatangan serangga pada suatu bunga adalah faktor lingkungan fisik yaitu cahaya, suhu, kelembapan, serta kecepatan dan arah angin. Respons serangga terhadap lingkungan fisik ini berbeda sehingga waktu aktifnya pun berbeda, yaitu pagi, siang, sore atau malam hari (Kurniawati, 2015).

5.5.1. Tanaman perangkap [Insectary plants]

Tanaman perangkap adalah tanaman yang lebih memiliki ketertarikan terhadap serangga hama daripada tanaman utama (cash crop). Serangga hama diberikan pilihan untuk melakukan proses makan, meletakkan telur sampai menghabiskan siklus hidupnya.

Keuntungan tanaman perangkap adalah input-input produksi menjadi lebih rendah seperti lebih hemat penggunaan biaya tenaga kerja, waktu, dan penggunaan insektisida sehingga peningkatan produksi dan pendapatan petani lebih meningkat. Tanaman perangkap memberikan ‘protection service’ layanan perlindungan tanaman oleh serangga-serangga predator, parasitoid dan atau polinator.



Gambar 45. pola tanaman perangkap [sumber: Joshi, 2019]

Sistim tanaman perangkap dikategorikan kedalam empat pola diantaranya adalah tanaman perangkap pola *perimeter*, *strip*, *row* dan *dead-end*. Secara keseluruhan, pola tanamn perangkap dikategorikan kedalam dua sistim tanam yaitu sistim tanam campur (*mixing*) dan tanam terpisah dari tanaman utama (*cash crop*). Tanaman perangkap tipe perimeter memiliki karakteristik setiap sisi tanaman utama terdapat tumbuhan yang berfungsi sebagai tanaman perangkap. Tanaman perangkap tipe strip yakni tumbuhan sebagai tanaman perangkap ditanam diantara tanaman utama dalam larikan (panah hitam). Tanaman perangkap tipe row trap adalah tumbuhan sebagai tanaman yang ditanam membelah areal (berada ditengah-tengah) tanaman utama. Tanaman utama tidak bercampur dengan tanaman perangkap. Tanaman perangkap tipe dead-end adalah tanaman

perangkap yang ditanam disetiap ujung sisi larikan atau baris tanaman. Tanaman perangkap umumnya ditanam lebih dahulu sebelum penanaman tanaman utama.



Gambar 46. sistim tanam perangkap dimana labu sebagai tanaman perangkap (panah merah); https://ipm.missouri.edu/MEG/2017/3/Trap_cropping/

Implementasi sistim tanam perangkap telah dikembangkan sejak dulu di beberapa neagara-negara yang memiliki sisitim pertaniannya yang lebih maju. Misalnya di Amerika, sistim tanam perangkap yang dikembangkan di Lincoln University George Washington Carver farm. Tanaman labu sebagai tanaman perangkap hama. Tanaman utama terhindar dari serangan hama.



Gambar 47. sistim tanam perangkap hama (kotak merah) dan tanaman utama (tanda panah) [sumber: Jaime Pinero, 2017]

Keuntungan dari tanaman perangkap adalah meningkatnya hasil produksi dan pendapatan petani. Kelimpahan populasi musuh-musuh alami menjadi faktor kunci menentukan layanan perlindungan tanaman. Dengan sistim ini, konservasi menjadi penting sebab musuh alami akan tertarik untuk mendatangi agro-ekosistim akibat keragaman tumbuhan berbunga dan inangnya. Kebanyakan

musuh-musuh alami mendatangi tumbuhan berbunga karena aroma nektar yang dihasilkan tumbuhan. Disisi lain, hama tanaman tidak menyerang tanaman utama (cash crop) karena menemukan tanaman perangkap.

Tanaman Kenikir (*Cosmos caudatus*) merupakan tanaman berbunga yang dapat berfungsi sebagai refugia mikrohabitat bagi beberapa jenis serangga musuh alami karena mempunyai bunga yang dapat menarik serangga musuh alami. Bunga kenikir berwarna cerah yang bisa menarik serangga musuh alami. Penanaman kenikir disela-sela tanaman akan menurunkan kepadatan hama, karena senyawa kimia mudah menguap yang terkandung dalam kenikir mampu menyebabkan gangguan visual pada hama tanaman sehingga mempengaruhi tingkah laku dan kecepatan kolonisasi serangga. Selain itu kenikir juga berfungsi sebagai penghalang yang bersifat repellent atau menolak kehadiran hama tanaman, sehingga secara tidak langsung hama tanaman penyebab kegagalan panen bisa dikendalikan.

Predator mendatangi tumbuhan berbunga untuk berlindung maupun mendapatkan makanan. Penanaman kenikir di pinggiran sawah menunjukkan keanekaragaman dan populasi arthropoda musuh alami yang lebih tinggi daripada tanaman tersebut tidak ada (Nurariaty dkk., 2016). Selanjutnya dilaporkan bahwa, tanaman tersebut tidak tahan dengan air sehingga perlu dilakukan pengolahan bunga kenikir menjadi ekstrak, namun tidak menghilangkan kandungan nektarnya. Selanjutnya Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nonci dkk, (2000) mengemukakan bahwa terdapat banyak musuh-musuh alami penggerek batang jagung *Ostrinia furnacalis* yang belum dioptimalkan dengan baik di sentra-sentra pengembangan jagung di Sulawesi Selatan. Oleh sebab itu, pengembangan serangga penarik memegang peranan penting mempertahankan populasi musuh-musuh alami di alam. Waktu pelepasan musuh alami juga sangat menentukan keberhasilan pengendalian hama di lapangan seperti pengalaman pengendalian dengan menggunakan *Trichogramma evansescens* dalam pengendalian hama jagung *Ostrinia furnacalis* (Nonci dkk, 2001).

5.5.2. Tanaman penarik serangga [*Insectary plants*]

Tumbuhan penarik serangga adalah salah satu teknik pengendalian dengan rekayasa lingkungan (EE). Kebanyak tumbuhan penarik serangga berguna berasal dari tumbuhan yang memiliki bunga yang menghasilkan dan menyediakan nektar

dan pollen bagi serangga. Serangga-serangga yang tertarik mendatangi secara kontinu tumbuhan berbunga adalah predator/parasitoid dan penyerbuk yang berguna bagi tanaman utama. Tumbuhan berbunga diintroduksi kedalam agro-ekosistem untuk meningkatkan peran kinerja musuh alami. Menurut Namita Poddar, Yogesh Yele dan Anu Kumari dalam Buku *Cropping system approach in IPM* tahun 2019 mengemukakan bahwa Tumbuhan berbunga yang diintroduksi ke dalam hortikultura dan tanaman pangan berpengaruh signifikan terhadap jumlah serangga-serangga bermanfaat yang sebagian besar tertarik karena keberadaan nektar dan pollen yang disediakan oleh tumbuhan berbunga. Serangga-serangga tersebut antara lain parasitoid golongan wasps dan predator dari kelompok hemiptera dan diptera [predatory flies]. Berbeda dari sistem pertanaman monokultur, jumlah serangga bermanfaat yang ditemukan jauh lebih sedikit. Salah contoh serangga bermanfaat adalah dari kelompok *hoverflies*. Kelompok serangga bermanfaat ini sangat dipengaruhi oleh jenis dan ragam tumbuhan berbunga, warna, aroma, umur tumbuhan berbunga, ukuran besar kecilnya bunga, kualitas nektar dan pollen yang dihasilkan, kelimpahan dan umur tumbuhan (Ambrosino et al., 2006).

Lebih lanjut dikemukakan bahwa kelompok serangga *hoverflies* ini diyakini memiliki kesamaan dari serangga bermanfaat lainnya yang tertarik dengan keragaman tumbuhan berbunga dan serangga predator dan parasitoid lainnya. Keragaman tumbuhan berbunga di ekosistem pertanian menjadi prasyarat utama untuk keragaman predator-predator dan parasitoid yang potensial di sistem pertanian (Poddar, 2019). Menanam aneka ragam tumbuhan berbunga berarti melindungi tanaman utama kita dari serangan hama-hama penting.

Contoh tumbuh-tumbuhan berbunga yang dapat diadopsi kedalam sistem agro ekosistem antara lain adalah sweet alyssum (*Lobularia maritima*), buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*), dan licorice mint (*Agastache foeniculum*). Tumbuhan berbunga ini dapat meningkatkan siklus hidup [lifespan] kelompok-kelompok parasitoid *wasps* yang sangat bergantung pada suplai kecukupan karbohidrat gula dan glikogen secara regular yang disediakan oleh tumbuhan berbunga.



Gambar 48. Jenis dan karakteristik tumbuh-tumbuhan berbunga yang disenangi oleh kelompok predator dan parasitoid. Jenis Sweet alyssum (kiri-atas) dan Buckwheat (kanan-atas) dan Licorice mint (bawah) [sumber: google.com]

Hasil penelitian Nurariaty dkk (2017), menunjukkan bahwa bermacam-macam tumbuhan berbunga mampu memikat musuh-musuh alami untuk datang dan berkunjung di lokasi yang diharapkan sehingga secara tidak langsung dampak penekanannya terhadap hama-hama tanaman secara signifikan dapat dirasakan. Lebih lanjut dikemukakan bahwa pelestarian populasi musuh-musuh alami di ekosistem pertanian dapat dilakukan dengan penanaman tumbuhan berbunga. Ravindra Chandra Joshi, (2017) dalam slide presentasinya menegaskan bahwa penanaman tumbuhan berbunga di pematang sawah tidak hanya menciptakan keanekaragaman hayati, tetapi juga dampak dari tumbuhan berbunga di pematang sawah tersebut mampu menurunkan serangan hama di ekosistem padi. Musuh-musuh alami akan tertarik mendatangi tumbuhan berbunga.

5.5. Pengendalian varietas tahan

Penggunaan varietas tahan adalah komponen yang paling efektif dalam strategi pengendaliannya hama dan penyakit utama. Pada pengendalian penyakit bulai,

pengendalian dengan varietas tahan memegang peran penting dalam peningkatan produksi jagung (Wakman dan Burhanuddin 2007). Meskipun, varietas tahan telah dikembangkan di tingkat lab atau screen house, ketahanan di tingkat lapangan dapat berbeda. Beberapa penelitian yang telah dikembangkan oleh pemulia dari Balitsereal Maros mengungkapkan bahwa varietas tahan terhadap penyakit bulai, setelah ditanam pada beberapa musim tanam, kemudian menjadi rentan. Pengalaman yang sama juga terjadi di Jawa Tengah, Hasil observasi yang dilakukan oleh Pakki tahun 2015 mengungkapkan bahwa varietas jagung dari golongan komposit yang dinilai awalnya kedalam kategori tahan, terinfeksi berat oleh penyakit bulai setelah ditanam skala luas. Berikutnya, di Kediri, hasil observasi menemukan bahwa varietas Srikandi Kuning yang tergolong tahan, namun memperlihatkan reaksi rentan setelah ditanam di wilayah endemik bulai. Perlunya kehati-hatian dalam memberikan informasi ketahanan kepada petani dan masyarakat luas perlu dilakukan sebelum pengujian secara menyeluruh.



Gambar 49. Fenotipe jagung hibrida tahan penyakit bulai dan hawar dan karat daun.
(Foto: google.com)

Konsep pengendalian dengan varietas tahan harus menggambarkan ketahanan secara menyeluruh baik ditingkat screen house maupun di skala luas, sehingga upaya pencarian varietas berpotensi hasil tinggi berdasarkan sumber gen tahan adalah diperlukan, sehingga varietas tahan dapat selalu tersedia dan dapat dijadikan materi pergiliran varietas, guna menekan dinamika resitensi pathogen bulai di lapangan. Berikut Tabel 1 pengujian ketahanan varietas terhadap penyakit bulai yang dilakukan di Sulawesi Selatan tahun 2015.

Tabel 10. Persentase tanaman aksesi uji plasma nutfah jagung yang terinfeksi pada pengamatan 25 dan 35 HST, KP, Bajeng, Balitsereal, 2015

No. Lapangan	Kode aksesi	Jml tan. yg tumbuh	Inten. infeksi bulai 25 HST (%)**)	Inten. infeksi bulai 35 HST (%)**)	Kriteria ketahanan
1	12	16	25	25,	Agak tahan
2	11	18	30	40	Agak peka
3	10	18	60	70	Peka
4	120	14	30	50	Agak peka
5	118	16	40	60	Peka
6	113	16	30	45	Agak peka
7	111	16	25	40	Agak peka
8	209	13	25	46	Agak peka
9	208	20	37	57	Peka
10	202	19	21	21	Agak tahan
<i>Cek peka</i>	<i>Anoman</i>	20	90	100	-
<i>Cek tahan</i>	<i>Bima-3</i>	20	5	5	-
11	127	18	40	70	Peka
12	126	19	35	58	Agak Peka
13	125	20	35	70	Peka
14	121	19	40	80	Peka
15	234	20	35	58	Peka
16	153	16	65	90	Peka
17	494	15	45	80	Peka
18	152	10	40	70	Agak Peka
19	489	17	32	56	Peka

Keterangan: **) Rerata dari dua ulangan, **) Persen= Nilai pembulatan, angka >5 = pembulatan nilai persen ke atas dan < 5 = pembulatan nilai persen ke bawah. Kriteria ketahanan = (1) 0 – 10 % = Tahan (2) 11-25 % = Agak Tahan (3) 26-50 % = Agak Peka (4) > 50 % = Peka. Dalam keadaan pembandingan peka > 90 %. (Wakman dkk dalam Burhanuddin dan Pakki, 2015).

Percobaan ketahanan varietas tahan penyakit bulai di agoekosistem harus menunjukkan jumlah tanaman sampel, intensitas keparahan penyakit 25 dan 35 HST. Karakteristik ketahanan varietas terhadap penyakit bulai dapat diamati secara langsung morfologi tanaman di lapangan. Intensitas keparahan penyakit yang terekspresi pada tanaman contoh lebih dari 25% dapat dikategorikan agak tahan. Berbeda jika tanaman uji yang menunjukkan intensitas keparahan penyakit lebih dari 50%, varietas tersebut dikategorikan rentan atau peka terhadap penyakit bulai. Intensitas keparahan penyakit dibawah 25%, karakteristik varietas tanaman uji dikategorikan tahan penyakit bulai.

Tabel 11. Persentase ketahanan varietas jagung yang terinfeksi patogen penyebab penyakit bulai di lapangan

Kultivar jagung	Σ total individu	Σ yang terinfeksi	Insidensi penyakit (%)	Respons tanaman	
				Penelitian	Kementerian Pertanian*
Talenta	164	2	1.00	Sangat tahan	Tahan
Pioneer-21	164	80	48.78	Rentan	Agak rentan
Gama GS	164	144	87.80	Sangat rentan	-
Gama SG	164	146	89.00	Sangat rentan	-
Bisi-816	164	34	20.00	Tahan	Tahan
Lagaligo	164	17	10.00	Sangat tahan	Tahan
Pulut	80	80	100.00	Sangat rentan	Agak tahan
Pena Molo	111	4	3.60	Sangat tahan	-
Pena Fatu	70	18	25.71	Agak tahan	-
Pena Boto	89	43	48.31	Rentan	-
Pena Kikis	82	46	56.00	Rentan	-
Pena Moi	66	34	51.00	Rentan	-

*Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (Rais *et al.* 2002).

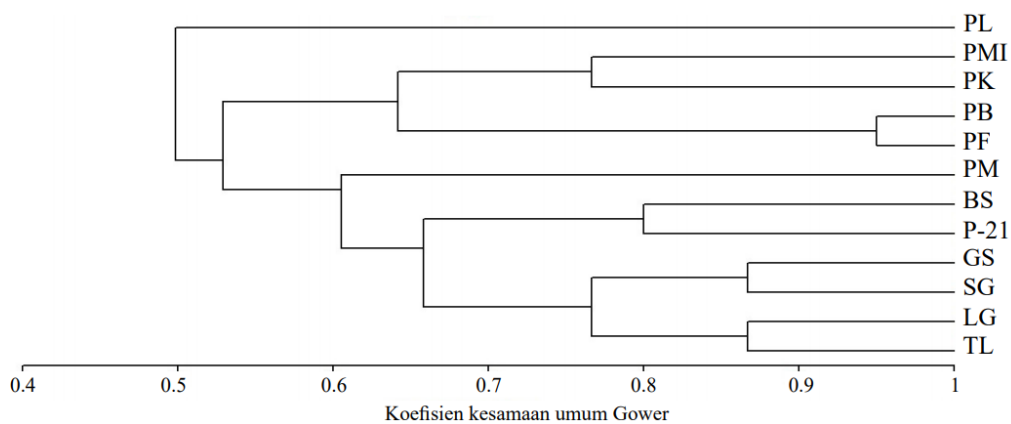
Perbandingan ketahanan varietas jagung terhadap penyakit bulai antara varietas yang sama yang diuji pada skala penelitian [lab] dan skala percobaan secara luas (Tabel 2) menunjukkan bahwa varietas yang awalnya sangat tahan di tingkat penelitian, mengalami penurunan ketahanan setelah diuji pada skala luas, atau sebaliknya. Seperti yang ditunjukkan pada varietas Talenta, Lagaligo, dan Pulut. Tetapi ada juga varietas yang menunjukkan peningkatan ketahanan ketika diuji pada skala luas yaitu varietas Pioneer-21. Varietas Bisi-16 adalah jenis varietas yang baik skala penelitian maupun pengujian di lapangan, tetap konsisten menunjukkan ketahanan yang sama sebelumnya. Penurunan dan peningkatan kemampuan ketahanan varietas dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik dimana adaptasi setiap varietas itu dapat saja berbeda-beda.

5.5.1. Deteksi ketahanan tanaman di tingkat gen

Kemajuan teknologi pengendalian hama dan penyakit tanaman dewasa ini dapat ditandai dengan kemampuan para periset untuk mengkarakterisasi gen-gen tahan yang dimiliki oleh varietas jagung. Karakterisasi gen-gen tahan dapat diketahui dengan menggunakan primer salah satunya adalah dengan primer molekuler *inter simple sequence repeat* (ISSR) yang berfungsi untuk mengamati variasi genetika jagung berdasarkan karakter molekuler dan mendeteksi gen ketahanan terhadap penyakit bulai pada jagung. Kajian-kajian penanda ketahanan tanaman bukan hal yang baru pada tanaman jagung. Penanda molekuler ISSR merupakan penanda molekuler yang umum digunakan dalam kajian keragaman genetik varietas tahan. Menurut Reddy dkk, (2002)

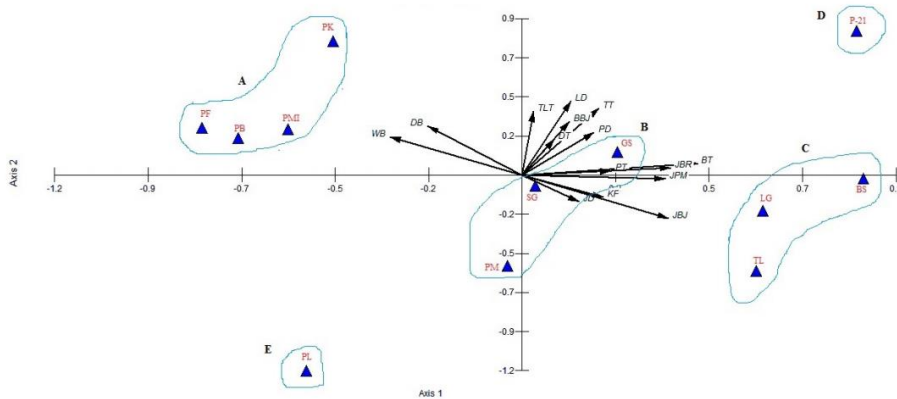
penanda molekular ISSR efektif untuk mengetahui keanekaragaman genetika, filogeni, penandaan gen, pemetaan genom dan biologi evolusi pada berbagai tanaman.

Karakterisasi gen-gen ketahanan varietas dapat dikelompokkan kedalam filogenetik setelah dianalisis sehingga varietas-varietas yang memiliki kekerabatan atau kesamaan ketahanan gen akan berada atau dikelompokkan kedalam garis yang sama. Gambar _ dibawah pengelompokkan ketahanan gen berdasarkan penanda molekular ISSR. Varietas yang memiliki ketahanan yang berbeda dengan varietas lainnya akan dikelompokkan tersendiri yang hubungannya relatif jauh pada varietas yang berbeda posisi gen ketahanannya.



Gambar 50. Filogenetik berdasarkan karakter fenotipe 12 varietas jagung. Talenta (TL), Pioneer-21 (P-21), Gama SG, Gama GS, Bisi-816 (BS), Lagaligo (LG), Pulut (PL), Pena Molo (PM), Pena Futu (PF), Pena Boto (PB), Pena Kikis (PK) dan Pena Moi (PMI).

Varietas Pulut (PL) memiliki gen ketahanan secara umum relatif dekat pada secara keseluruhan varietas-varietas uji kecuali pada varietas BS, P-21, GS, SG, LG, dan TL yang memiliki kekerabatan gen ketahanan yang sangat jauh. Varietas-varietas yang memiliki jenis ketahanan yang spesifik atau yang lebih memiliki kedekatan antara lain adalah antara varietas PMI dan PK, PB dan PF, BS dan P-21, GS dan SG, dan LF dan TL.



Gambar 51. Plot Principle componen analysis (PCA) 12 kultivar jagung. TL (Talenta) 'Pioneer-21'; SG, 'Gama SG'; GS, 'Gama GS'; BS, 'Bisi-816'; LG, 'Lagaligo'; PL, 'Pulut'; PM, 'Pena Molo'; PF, 'Pena Fatu'; PB, 'Pena Boto'; PK, 'Pena Kikis'; PMI, 'Pena Moi'.

Bani dkk, (2017) melakukan analisis pengelompokan dari varietas-varietas uji yang diturunkan dari matriks kemiripan fenotipe tanaman jagung menghasilkan 2 kelompok utama. Kelompok A terdiri atas kultivar Pulut, sedangkan kelompok B terdiri atas 11 kultivar lainnya. Lebih lanjut, kelompok B terbagi lagi menjadi 3 subkelompok, yaitu subkelompok 2, 3, dan 4. Kultivar Pulut memisah dari kelompok B (subkelompok 2, 3, dan 4) dan membentuk subkelompok 1 karena perbedaan mendasar pada ketahanan fenotipe terhadap penyakit bulai. Kultivar Pulut memberikan respons sangat rentan atau 100% terinfeksi penyakit bulai. Kultivar 'Pena Moi', 'Pena Kikis', 'Pena Boto' dan 'Pena Fatu' membentuk subkelompok 2 karena persamaan 9 karakter fenotipe, yaitu tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, diameter batang, jumlah percabangan malai, bobot tongkol, dan jumlah biji per baris. 'Pena Molo' terpisah dan membentuk subkelompok 3 karena dari 15 karakter fenotipe tidak memiliki kesamaan dengan 3 kelompok lainnya. Kultivar 'Bisi-816', 'Pioneer-21', 'Gama GS', 'Gama SG', 'Lagaligo', dan 'Talenta' berada pada subkelompok 4 dengan tingkat kemiripan 0.78% untuk 10 karakter fenotipe, yaitu tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, diameter batang, waktu berbunga, jumlah percabangan malai, panjang tongkol, dan jumlah biji per baris. Pengelompokan kultivar pada subkelompok 1 dan 2 didominasi oleh kultivar yang rentan terhadap penyakit bulai di lapangan dan kultivar jagung lokal Pulau Timor; sedangkan subkelompok 3 dan 4 didominasi oleh kultivar yang tahan dan sangat tahan terhadap penyakit bulai di lapangan dan kultivar yang diterbitkan oleh Kementerian Pertanian.

Tabel 12. Polimorfisme pita DNA hasil amplifikasi ISSR

Primer	Jumlah pita DNA	Total lokus	Jumlah lokus polimorfik	Jumlah lokus monomorfik	Polimorfisme (%)
807	95.0	15.0	15.0	-	15.78
810	69.0	13.0	13.0	-	18.84
814	61.0	8.0	8.0	-	13.11
841	97.0	12.0	11.0	1.0	11.34
808	82.0	11.0	11.0	-	13.41
Total	404.0	59.0	58.0	1.0	72.48
Rata-rata	80.8	11.8	11.6	0.2	14.49

Variasi fenotipe plasma nutfah jagung dapat dipengaruhi oleh lingkungan seperti jenis tanah, pH, ketinggian dan kelembapan. Faktor lingkungan cenderung memengaruhi karakter kuantitatif seperti tinggi tanaman, diameter batang, ukuran daun, dan ketahanan terhadap penyakit bulai. Tingkat ketahanan jagung terhadap patogen penyebab penyakit bulai cukup beragam, bergantung pada variabilitas genetik, variabilitas fenotipik, dan interaksi antara genetika dengan lingkungannya. Kultivar yang sangat tahan, tahan maupun agak tahan mampu menghambat perkembangan patogen sehingga patogen tersebut tidak dapat berkembang dan menyebar; sebaliknya yang terjadi pada tumbuhan rentan dan sangat rentan. Respons tanaman terhadap patogen dipengaruhi oleh faktor genetika dan lingkungan (Azrai et al. 2006). Ketahanan 12 kultivar jagung dalam penelitian ini sesuai dengan lokasi budi daya, yaitu di lokasi terbuka dengan suhu dan kelembapan yang mendukung untuk pertumbuhan *Peronosclerospora* pada malam hari. Pertumbuhan *P. maydis* di bawah suhu 24 °C sesuai dengan keadaan pada lokasi budi daya dan penularannya dari tanaman sakit ke tanaman sehat terjadi melalui angin pada pagi hari.

Analisis hubungan kekerabatan dengan program multi variate statistical package (MVSP) berdasarkan karakter fenotipe menunjukkan nilai indeks kemiripan yang rendah artinya variasi karakter fenotipe sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perubahan fenotipe suatu kultivar jagung. Berdasarkan hasil penelitian ini, penanda molekuler ISSR menghasilkan pengelompokan kultivar berdasarkan pada daerah asal jagung, yaitu kultivar jagung lokal Pulau Timor pada kelompok A dan kultivar yang diterbitkan Kementerian Pertanian pada kelompok B. Selain pengelompokan tersebut, resistensi tanaman terhadap patogen dikendalikan oleh gen tanaman tersebut. Interaksi gen tahan berpengaruh pula terhadap perkembangan suatu penyakit, di mana pada varietas tahan perkembangannya akan lebih lambat dibanding dengan varietas yang rentan. Secara genetika sifat ketahanan varietas tahan biasanya dipengaruhi oleh adanya sejumlah gen yang menyusun kromosom, di mana

tanaman disusun oleh beberapa gen tahan yang dikenal dengan ketahanan horizontal. Gen tahan mengendalikan metabolisme produksi toksin yang dihasilkan oleh tanaman yang dapat menekan perkembangan penyakit (Muis et al. 2015).

Penelitian terdahulu tentang ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit bulai dilaporkan ada tanaman yang tahan, agak tahan, rentan, dan sangat rentan. Hasil penelitian ini mengindikasikan tanaman jagung lokal lebih tahan terhadap penyakit bulai dibandingkan dengan varietas impor (Hartatik 2007).

Pengamatan karakter fenotipe jagung lokal NTT memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa jagung lokal tahan terhadap penyakit bulai. Penggunaan penanda molekuler ISSR untuk menentukan ketahanan jagung terhadap penyakit bulai pada varietas jagung yang diterbitkan oleh Kementerian Pertanian RI dan jagung lokal NTT diperoleh pita spesifik pada primer ISSR 808 teramplifikasi pada ukuran 300 bp pada kultivar 'Talenta'. Disimpulkan bahwa penanda molekuler ISSR dapat menentukan adanya ketahanan pada varietas jagung terhadap penyakit bulai. Sifat ketahanan tanaman sering dikendalikan oleh gen-gen inti dan atau gen-gen sitoplasma sehingga penggunaan penanda molekuler sangat penting untuk mendeteksi gen ketahanan. Akan tetapi, publikasi tentang gen ketahanan penyakit bulai pada tanaman jagung menggunakan penanda molekuler masih belum banyak dilakukan. Informasi tentang gen ketahanan penyakit bulai pada tanaman penting dalam program pemuliaan tanaman.

5.5.2. Prosedur kerja evaluasi ketahanan varietas

Memahami karakteristik genotipe varietas tahan terhadap hama dan penyakit penting sangat dianjurkan untuk dilakukan karena sumber-sumber ketahanan secara morfologi bersumber dari ketahanan di tingkat gen. berikut ini prosedur kerja melakukan karakterisasi genotipe varietas tahan. Secara umum tahap-tahap kegiatan diadopsi dari kegiatan penelitian sebelumnya (Bani dkk, 2017) meliputi: isolasi dan ekstraksi DNA, Analisis PCR dengan menggunakan primer khusus dan analisis data. Deteksi ketahanan pada tingkat gen menggunakan PCR jauh memiliki akurasi yang baik karena faktor spesifitas, efisiensi dan akurasi.

1. **Isolasi DNA:** Prosedur isolasi DNA mengikuti metode Kit Nucleon Phytopure (GE Healthcare, UK) dengan modifikasi pada bobot daun, volume pereaksi, jumlah kloroform, dan jumlah resin. Daun tanaman jagung dipotong dan sebanyak 0.3 g diberi nitrogen cair kemudian digerus menggunakan pistil. Sampel dimasukkan ke dalam tabung 1.5 mL dan

ditambahi 400 μL pereaksi “phytopure I”. Selanjutnya, 100 μL pereaksi “phytopure II” ditambahkan dan diinkubasi pada suhu 65 °C selama 10 menit di penangas air. Setelah diinkubasi, sampel diletakkan dalam lemari es selama 20 menit, kemudian dimasukkan 400 μL kloroform dingin dan ditambahkan 50 μL resin phytopure. Sampel yang sudah diberi resin phytopure disentrifugasi dengan kecepatan 3000 \times g selama 10 menit. Supernatan dipindahkan ke tabung baru ukuran 1.5 mL, ditambahi isopropanol atau propanol dingin dengan volume yang sama dengan volume supernatan, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 1000 \times g selama 10 menit. Pelet DNA yang diperoleh dicuci dengan cara menambahkan 100 μL etanol 70% dan selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 10 000 \times g selama 5 menit. Pelet DNA kering selanjutnya ditambahi 50 mL bufer 1 \times TE.

2. **Analisis ISSR-PCR:** Polymerase Chain Reaction atau PCR secara umum adalah metode enzimatik dalam mengamplifikasi DNA secara *in vitro*. Pada proses PCR diperlukan beberapa komponen utama, yaitu DNA cetakan, Oligonukleotida primer, Deoksiribonukleotida trifosfat (dNTP), Enzim DNA Polimerase, dan buffer sebagai komponen pendukung. Alat yang digunakan dalam mendukung metode ini adalah termosiklus, yaitu mesin yang memiliki kemampuan untuk memanaskan sekaligus mendinginkan tabung reaksi dan mengatur temperatur untuk tiap tahapan reaksi. Dalam proses PCR, terdapat tiga tahapan penting yaitu denaturasi, aneling dan pemanjangan untai DNA yang mengalami pengulangan dalam puluhan (20-40 siklus) dan berlangsung dalam waktu relatif cepat. Produk PCR disebut sebagai amplicon yang diidentifikasi melalui ukurannya dengan menggunakan elektroforesis gel agarosa. Berikut di bawah ini langkah-langkah memulai bekerja dengan metode PCR yang diadaptasikan dari Bani dkk, (2017); Campuran PCR terdiri atas 10.5 μL aquabides, 12.5 μL mastermix Dream TaqTM Green (Thermo Fisher Scientific), 1 μL primer (sikuen-807, sikuen-810, sikuen-814, sikuen-841, dan sikuen-808), dan 1 μL templat DNA dari 1/75 konsentrasi isolat DNA. Pelaksanaan amplifikasi dilakukan pada suhu denaturasi 94 °C selama 2 menit, aneling bervariasi bergantung pada jenis primer (45– 51°C) sintesis 72°C selama 1 menit, siklus diulang sebanyak 40 kali; dan perpanjangan basa-basa nukleotida pada suhu 72 °C selama 5 menit. Produk amplifikasi dipisahkan dengan elektroforesis pada gel agarosa 2%

pada tegangan 100volt selama 30–45 menit. Visualisasi pita DNA dilakukan menggunakan transiluminator sinar UV.

3. **Data analisis:** Analisis Data Data fenotipe agronomi yang diperoleh dianalisis dengan program Microsoft Excel untuk mengetahui nilai rata-rata setiap parameter karakter fenotipe. Data matriks kemiripan dibuat dalam bentuk dendogram menggunakan metode unweightedpair-group methode using arithmeticaverage (UPGMA). Kemudian, data dianalisis principal component analysis (PCA) untuk mendapatkan data pengelompokan dari 12 kultivar jagung. Data molekuler berdasarkan penanda ISSR didasarkan pada kemunculan pita DNA. Profil pita DNA diterjemahkan ke dalam data biner dengan ketentuan nilai 0 bila pita DNA tidak muncul dan nilai 1 bila terdapat pita DNA pada suatu posisi yang sama dari individu yang dibandingkan. Pengelompokan data matrik (cluster analysis) dan pembuatan dendogram menggunakan metode UPGMA.

Varietas-varietas yang telah diuji pada skala terbatas dan secara luas terlebih dahulu dievaluasi ketahanannya sebelum dilepas. berikut varietas-varietas jagung yang memiliki sifat-sifat ketahanan yang tinggi terhadap hama dan penyakit utama jagung. Berikut profil varietas-varietas yang telah diuji ketahanannya oleh Balitsereal, Maros disajikan pada Tabel_berikut ini. Pada tabel tersebut, ditampilkan asal usul tetua varietas yang memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit tertentu.

Selanjutnya pada gambar-gambar berikutnya tersaji fenotipe-fenotipe varietas unggul baik jagung komposit (bersari bebas) maupun hibrida.

Tabel 13. Karakteristik varietas tahan penyakit utama tanaman jagung [sumber: Balitsereal Maros, 2010]

Varietas	Sumber	Origin	Umur panen (hari)	Bobot 1000 biji (g)	Fenotipe	Ketahanan penyakit	
						bulai	Karat/ bercak daun
BROMO	Bersari bebas	Phil. DMR Comp. 2, introduksi dari Filipina	85-90	241	Tongkol cukup besar dan silindris. Kelobot menutupi tongkol dengan cukup baik	Agak tahan	
PAIKESIT	Bersari bebas	H-DMR, Bogor	100-105	286	Tongkol cukup besar dan silindris dengan tongkol tertutup baik	Cukup tahan	Agak tahan
SADEWA	Bersari bebas	Suwan 1, Thailand, Genjah kretek, Jawa Tengah	86	283	Tongkol cukup besar dan agak silindris. Klobot menutupi tongkol dengan cukup baik	Agak tahan	
WIYASA	Bersari bebas	Kerabat half-sib dari Pool 4 pada generasi kelima	96	291	Tongkol cukup besar dan silindris dengan klobot tertutup dengan baik	Cukup tahan	
ABIMAYU	Bersari bebas	Persilangan Randu/Arjuna	75	208	Cukup besar dan silindris dengan tongkol rapat	Cukup tahan	
KALINGGA	Bersari bebas	Generasi kedelapan dari Pool 4. Dibentuk dari 34 populasi berasal daribahan dalam dan luar negeri pada awal 1980 dan dikembangkan denganseleksi half-sib	96	302	Tongkol besar, panjang dan cukup silindris dengan kelobot cukup tertutup rapat	Cukup tahan	
RAMA	Bersari bebas	Muneng Syntetik 3 dibentuk dari galur S1 yang berasal dari varietas Arjuna dan dua varietas hibrida introduksi, selanjutnya diperbaiki Dengan seleksi S1	96-100	280	Tongkol di pertengahan batang dan tertutupi oleh kelobot	Cukup tahan	Cukup tahan
BAYU	Bersari bebas	Seleksi dari Pool 5, biji hasil tanaman terpilih dari 10 half-sib terbaik pada generasi kedelapan dicampur	87	271	Tongkol cukup besar dan silindris	Cukup tahan	

Tabel 14. Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]

Varietas	Sumber	Origin	Umur panen (hari)	Bobbiot 1000 biji (g)	Fenotipe	Ketahanan penyakit bulai	Ketahanan penyakit karat daun
ANTASENA	Bersari bebas	256 full-sib introduksi dari CIMMYT	100	276	Tongkol besar dan silindris	Agak tahan	
BISMA	Bersari bebas	Persilangan Pool 4 dengan bahan introduksi disertai seleksi massa	96	307	Tongkol besar dan silindris		tahan
LAMURU	Bersari bebas	Dibentuk dari 3 galur GK, 5 galur SW1, GM4, GM12, GM15, GM11, dan galur SW3	95	275	Panjang dan silindris dengan klobot tertutup	Cukup tahan	Cukup tahan
SRIKANDI	Bersari bebas	Polycross synthetic (persilangan acak ganda) sejumlah populasi tetua bersegregasi	97	300	Tongkol Silindris dengan tertutupi klobot sempurna	Tahan	Tahan
PALAKKA	Bersari bebas	Dibentuk dari 3 galur GK, 5 Galur SW1, 8 Galur SW3, Galur GM4, GM11, GM12, dan GM15	100	275	Panjang dan silindris tertutup klobot dengan baik	Rentan	Tahan
SRIKANDI PUTIH-1	Bersari bebas	Materi introduksi asal CIMMYT Mexico, dibentuk dari saling silang 8 inbrida yang mempunyai daya gabung umum bagus dalam sifat hasil (yield). Inbrida tersebut berasal dari beberapa populasi QPM putih dengan adaptasi lingkungan tropis	110	325	Sedang dan silindris dan tertutupi klobot dengan baik		Tahan. Tahan juga penggerek batang <u>Of</u>
SRIKANDI KUNGING-	Bersari bebas	Materi introduksi asal CIMMYT Mexico, dibentuk dari saling silang 8 galur murni yang memiliki daya gabung baik. Galur pembentuk sintetik tersebut berasal dari F2 dari kelompok heterotik A dan B. Selama pembentukan galur telah diseleksi untuk sifat posisi tongkol rendah dan telah tahan penyakit daun	110	275	Sedang dan silindris dengan kelobot menutup baik		Tahan. Tahan juga <u>Of</u>

Tabel 15. Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]

Varietas	Sumber	Origin	Umur panen (hari)	Bobbiot 1000 biji (g)	Fenotipe	Ketahanan penyakit bulai	Ketahanan penyakit karat daun
ANOMAN-1	Bersari bebas	Maros Sintetik-2 dibentuk dari populasi intodukdi asal CIMMYT	103	320	Panjang dan silindris dengan kelobot tertutup rapat	Agak tahan	Moderat
ANDALAS 4	Hibrida	Persilangan antara varietas UT-1 dan varietas UT-2. UT-1 berasal dari populasi dasar introduksi RRC. UT-2 dari populasi dasar jagung lokal Sangir. Kedua varietas tersebut didapatkan dengan cara bulk selfing.	95-118	213	Panjang dan silindris dengan kelobot menutupi dengan baik	Tahan	Tahan
PIONEER 1	Hibrida	F1 dari three-way cross antara X 076 dan M 6181. Z 076 adalah cross antara galur tropical inbreed, M 6181 adalah single tropical inbreed dari Pioneer Overseas Corp,	100	290	Besar, silindris dan seragam.	Tahan	Cukup tahan
PIONEER 2	Hibrida	F1 dari three-way cross antara F3228 dan M3228. F3228 adalah single cross antara galur tropical inbreed dari Pioneer Overseas Corporation, Filipina. M3228 adalah tropical inbreed dari Pioneer Overseas	100	300	Besar, silindris dan seragam	Tahan	Tahan
PIONEER-3	Hibrida	F1 dari hibrida silang ganda (doble cross hybrid) antara F 3278 dan M 3278. F 3278 adalah hibrida silang tunggal antara dua galur yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Pioneer Overseas Corp. Filipina, M3278 adalah hibrida silang tunggal antara dua galur yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Pioneer Overseas Corporation di Jepang dan Filipina	98	290	Besar, silindris dan seragam	Toleran	Toleran

Tabel 16. Karakteristik varietas jagung tahan penyakit utama [sumber: Balitsereal Maros, 2010]

Varietas	Sumber	Origin	Umur panen (hari)	Bobbiot 1000 biji (g)	Fenotipe	Ketahanan penyakit bulai	Ketahanan penyakit karat daun
C-1	Hibrida	F1 dari persilangan SC 6385/improved nomor 4. SC 6385 adalah persilangan antara 2 galur S6 berasal dari populasi jagung daerah tropika, Improved nomor 4 adalah populasi dari Amerika Selatan	100	317	Besar dan cukup silindris tetapi tidak semua tertutupi oleh klobot	Cukup tahan	
C-4	Hibrida	CPX3007, hibrida modifikasi hasil silang tiga jalur antara KOR030/KOR - 024) dengan (KOR038/KOR035). R030/KOR024 adalah hasil silang tunggal dan sebagai induk jantan. KOR038/KOR035 adalah sister lines single cross dan sebagai induk betina. KOR 030 dan KOR024 dikembangkan dari populasi genetik berbeda, sedangkan KOR038 dan KOR035 dikembangkan dari populasi yang sama	105	320	Besar, pnajang dan warna putih	toleran	toleran
BISI-1;2	Hibrida	Merupakan hibrida silang tiga jalur antara silang tunggal FSE 504 (FS 25 x FS 5) dengan galur FS 57. CS.9087mula-mula dikembangkan Di Thailand oleh Charoen Seed Co., Ltd.	92-103	265-280	Sedang dan silindris dengan tongkol tertutup baik oleh klobot	Toleran	Toleran
BISI-3	Hibrida	Exp 9375 adalah F1 dari silang tiga jalur antara silang tunggal FS 506 (FS 17 x FS 4) dengan galur FS 31. Exp 9375 mula-mula dikembangkan di Thailand oleh Charoen Seed Co., Ltd	94	298	Kelobot menutupi tongkol dengan baik	Tahan	tahan



Gambar 52. Jagung bersari bebas varietas Lamuru cukup tahan terhadap penyakit bulai dan hawar dan bercak daun. Sumber Unsurteni.com



Gambar 53. Jagung bersari bebas varietas Srikandi putih tahan terhadap penggerek batang *Ostrinia furnacalis* tetapi tidak tahan penyakit bulai. Sumber: Badan Litbang Pertanian



Gambar 54. Jagung bersari bebas varietas Srikandi kuning tahan terhadap penyakit bulai. [Sumber Sinar tani]



Gambar 55. Jagung hibrida Varietas BISI tahan penyakit bulai. Sumber google.com



Gambar 56. Jagung bersari bebas varietas Anoman-1 agak tahan terhadap penyakit bulai. Sumber Badan Litbang Pertanian,

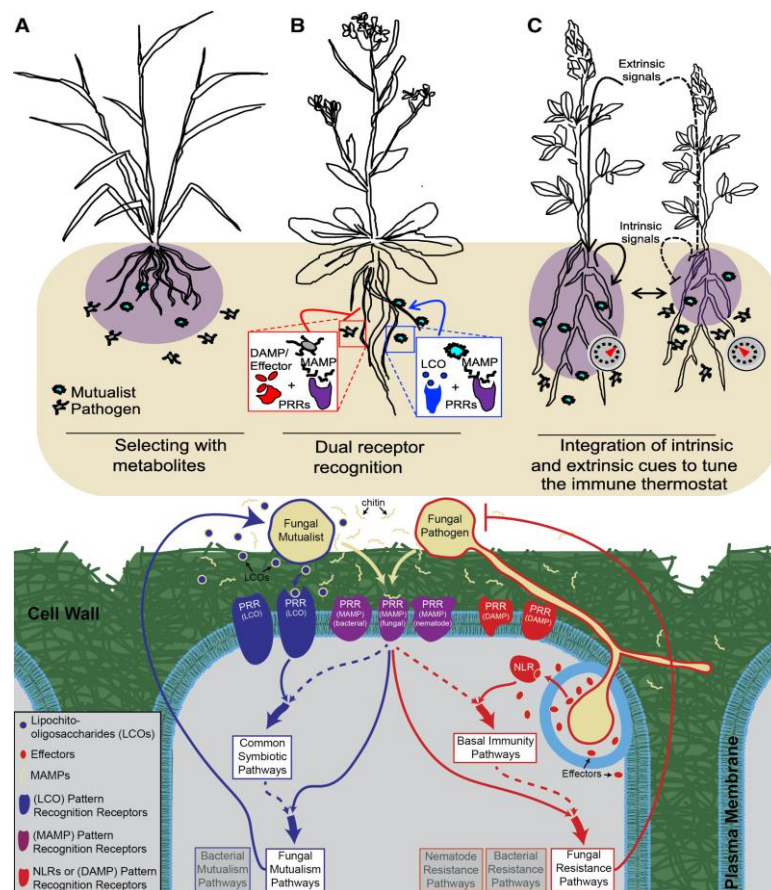


Gambar 57. Jagung bersari bebas varietas Bisma tahan terhadap penyakit bulai. Sumber: Badan Litbang Pertanian

5.7. Pengendalian penyakit tanaman dengan antagonis *Trichoderma*

Salah satu pengendalian biologi adalah penggunaan antagonis yang secara umum banyak digunakan bersumber dari cendawan atau bakteri. Spesies *Trichoderma* adalah cendawan yang dapat dijumpai pada bermacam-macam ekosistem dan tersebar luas pada banyak negara. *Trichoderma* adalah cendawan yang oportunist dengan kemampuan melilit dan menghasilkan enzim mampu mematikan patogen tanaman inang. *Trichoderma* juga dapat berasosiasi baik dengan tanaman, hortikultura, semusim dan tahunan. Karena sifatnya mudah ditumbuhkan kedalam media biakan in vitro, teknik perbanyakan *Trichoderma* relatif murah dan mudah. cara aplikasinya pun tidak sulit.

Trichoderma berasosiasi dengan perakaran tanaman dapat diilustrasikan secara baik pada Gambar dibawah ini.



Gambar 58. Pola hubungan asosiasi antara tanaman dengan *Trichoderma*. Sumber: David Thoms, Yan Liang, and Cara H. Haney, 2019.

Perakaran tanaman yang berasosiasi baik dengan *Trichoderma* akan memberikan ketahanan terhadap patogen yang menginfeksi melalui media tanah (tular tanah), melalui biji dan perantara angin. Model asosiasi baik antara perakaran tanaman dan *Trichoderma*

yaitu dengan pola *Microbes associated molecul patterns* (MPMP) dimana alat penerima (tanaman) dan pemberi (*Trichoderma*) berfungsi baik (Mutualisme).

Tabel 17. Senyawa-senyawa metabolit yang dihasilkan di perakaran tanaman jagung yang telah dikolonisasi oleh *Trichoderma virens*

Metabolite ^a	Molecular formula	Retention time (min)	<i>m/z</i> ^b	Ions ^c
Amino acids				
L-Phenylalanine	C₉H₁₁NO₂	2.00	164.072	[M-H]⁻
	...	...	147.044	[C ₉ H ₇ O ₂] ⁻
	...	...	103.055	[C ₈ H ₇] ⁻
L-Tryptophan	C₁₁H₁₂N₂O₂	3.26	203.083	[M-H]⁻
	...	...	142.065	[C ₁₀ H ₈ N] ⁻
	...	...	116.050	[C ₈ H ₆ N] ⁻
Benzoxazinoids				
DIBOA-glucoside	C ₁₄ H ₁₇ NO ₉	6.10	342.083	[M-H]⁻
	...	...	162.019	[C ₈ H ₄ NO ₃] ⁻
	...	...	134.024	[C ₇ H ₄ NO ₂] ⁻
HMBOA-glucoside	C ₁₅ H ₁₉ NO ₉	7.39	356.099	[M-H]⁻
	...	...	194.046	[C ₉ H ₈ NO ₄] ⁻
	...	...	166.051	[C ₈ H ₈ NO ₃] ⁻
	...	...	148.040	[C ₈ H ₆ NO ₂] ⁻
	...	...	138.056	[C ₇ H ₈ NO ₂] ⁻
DIMBOA-glucoside	C ₁₅ H ₁₉ NO ₁₀	7.60	745.195	[2M-H]⁻
	...	...	418.100	[M+HCOOH-H] ⁻
	...	...	372.094	[M-H] ⁻
	...	...	210.041	[C ₉ H ₈ NO ₃] ⁻
	...	...	192.030	[C ₉ H ₆ NO ₄] ⁻
	...	...	164.036	[C ₈ H ₆ NO ₃] ⁻
	...	...	149.012	[C ₇ H ₃ NO ₃] ⁻
DIMBOA	C ₉ H ₉ NO ₅	7.66	210.041	[M-H] ⁻
	...	...	164.036	[C₈H₆NO₃]⁻
	...	...	149.012	[C ₇ H ₃ NO ₃] ⁻
MBOA	C ₈ H ₇ NO ₃	9.78	164.035	[M-H]⁻
	...	...	149.012	[C ₇ H ₃ NO ₃] ⁻
	...	...	121.017	[C ₆ H ₃ NO ₂] ⁻
HDMBOA-glucoside	C ₁₆ H ₂₁ NO ₁₀	10.38	773.226	[2M-H] ⁻
	...	...	432.115	[M+HCOOH-H]⁻
	...	...	386.109	[M-H] ⁻
	...	...	356.098	[C ₁₅ H ₁₈ NO ₉] ⁻
	...	...	224.056	[C ₁₀ H ₁₀ NO ₃] ⁻
	...	...	194.046	[C ₉ H ₈ NO ₄] ⁻
HDM ₂ BOA-glucoside	C ₁₇ H ₂₃ NO ₁₁	10.56	462.126	[M+HCOOH-H]⁻
	...	...	254.066	[C ₁₁ H ₁₂ NO ₆] ⁻
	...	...	224.056	[C ₁₀ H ₁₀ NO ₃] ⁻
	...	...	194.045	[C ₉ H ₈ NO ₄] ⁻
	...	...	179.023	[C ₈ H ₅ NO ₄] ⁻
Flavonoids				
Naringenin	C₁₅H₁₂O₅	18.21	271.061	[M-H]⁻
	...	...	177.019	[C ₉ H ₅ O ₄] ⁻
	...	...	151.004	[C ₇ H ₃ O ₄] ⁻
	...	...	119.050	[C ₈ H ₇ O] ⁻
	...	...	107.014	[C ₈ H ₅ O ₂] ⁻
Apigenin	C₁₅H₁₀O₅	19.19	269.046	[M-H]⁻
	...	...	225.056	[C ₁₄ H ₉ O ₃] ⁻
	...	...	151.004	[C ₇ H ₃ O ₂] ⁻
	...	...	149.025	[C ₈ H ₅ O ₃] ⁻
Tricin	C₁₇H₁₄O₇	20.35	329.067	[M-H]⁻
	...	...	314.045	[C ₁₆ H ₁₀ O ₇] ⁻
	...	...	299.019	Unknown
Dihydroxy-monomethoxy-flavone	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	24.12	283.061	[M-H]⁻
	...	...	268.038	[C ₁₅ H ₈ O ₅] ⁻

^a Metabolites that were validated via a reference standard are given in bold. DIBOA-glucoside = 2-b-D-glucopyranosyloxy-4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-one, HMBOA-glucoside = 2-b-D-glucopyranosyloxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one, DIMBOA-glucoside = 2-b-D-glucopyranosyloxy-4-hydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one, DIMBOA = 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one, MBOA = 6-methoxy-benzoxazolin-2-one, HDMBOA-glucoside = 2-b-D-glucopyranosyloxy-4,7-dimethoxy-1,4-benzoxazin-3-one, and HDM₂BOA-glucoside = 2-b-D-glucopyranosyloxy-4,7,8-trimethoxy-1,4-benzoxazin-3-one.

^b Mass-to-charge ratios of ions that were visible in mass spectrometry (MS) mode and of fragments visible in MS mode (in-source fragmentation) or in tandem MS mode. Dominant *m/z* that were used for quantification and fragmentation are given in bold.

^c Ion types that were visible in MS mode are shown. Ion formulas are given for fragments.

Trichoderma yang berasosiasi baik dengan perakaran tanaman memberikan manfaat pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta terlindungi dari serangan penyakit tanaman karena asosiasi Trichoderma dengan perakaran tanaman merangsang produksi senyawa metabolit.

5.7. Pengendalian dengan antagonis *Bacillus subtilis*

Cendawan patogenik yang sering merusak tanaman jagung di antaranya adalah *Rhizoctonia solani* penyebab penyakit hawar pelepah dan upih daun dan *Bipolaris maydis* adalah patogen penting pada tanaman jagung. Penggunaan biopestisida merupakan salah satu alternatif untuk mengendalikan penyakit ini.

Tabel 18. Hasil panen jagung pada beberapa perlakuan terhadap penyakit hawar pelepah dan upih daun *Rhizoctonia solani*

Perlakuan	Bobot tongkol basah (kg)	Jumlah tongkol (tongkol)	Hasil panen (kuintal ha ⁻¹)
Formula <i>Bacillus subtilis</i> TM4	1.3 b	13.3 a	12.10 b
Fungisida (tembaga oksida)	1.7 a	15.6 a	14.83 ab
Kontrol positif	1.3 b	13.3 a	11.78 b
Kontrol negatif	2.0 a	15.9 a	18.09 a

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%

Tabel 19. Hasil panen jagung pada beberapa perlakuan terhadap penyakit hawar daun *Bipolaris maydis*

Perlakuan	Bobot tongkol basah (kg)	Jumlah tongkol (tongkol)	Hasil (kuintal ha ⁻¹)
Formula <i>Bacillus subtilis</i> TM4	6.8 b	31.4 a	61.23 b
Suspensi <i>Bacillus subtilis</i> TM4	7.4 ab	31.6 a	67.07 ab
Fungisida (Mankozebe)	7.0 b	31.0 a	63.37 b
Kontrol positif	7.9 a	34.1 a	71.75 a
Kontrol negatif	8.2 a	33.9 a	74.00 a

Angka dalam kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%

Sumber: Nurasiah D dkk, 2017.

Hasil penelitian Nurasiah D dkk, (2017) menyimpulkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* dapat menghambat perkembangan penyakit hawar pelepah dan upih daun *R. solani* dan hawar daun *B. maydis* di lapangan. Pengujian formula biopestisida dilakukan dengan dua cara aplikasi, yaitu perendaman benih jagung untuk pengendalian *R. solani* dan penyemprotan untuk pengendalian *B. maydis* di lapangan. Formula bakteri antagonis *B. subtilis* TM4 efektif menekan perkembangan penyakit hawar pelepah dan upih daun melalui perlakuan benih tetapi tidak efektif untuk menekan perkembangan penyakit hawar daun melalui penyemprotan formula.

BAB VI

Panen dan Pasca Panen

Muhammad Junaid

6.1. Pendahuluan

Penangan panen dan pasca panen jagung adalah bagian terpenting dalam menjaga kualitas produk. Jagung di panen pada umur sekitar 4 sampai 4,5 bulan, karena pemanenan yang terlalu awal menyebabkan banyaknya butir muda sehingga kualitas dan daya simpan biji rendah. Sebaliknya, pemanenan yang terlambat menyebabkan penurunan kualitas dan peningkatan kehilangan hasil akibat cuaca yang tidak menguntungkan atau serangan hama dan penyakit. Jadi jika ingin memanen jagung harus memperhatikan tanda-tanda seperti biji sudah matang, daun sudah mulai mengering (daun sudah dapat dibakar). Apabila pada pangkalbiji sudah ditumbuhi lebih dari 50% lapisan hitam, maka tanaman sudah masak fisiologis. Pemanenan dilakukan dengan parang dengan cara memotong batang, kemudian dikumpulkan dan diambil buahnya.

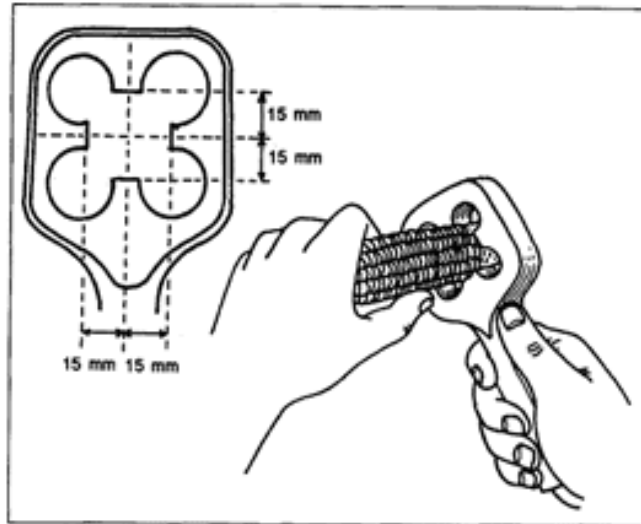
6.2. Panen



Gambar 59. Salah satu cara penanganan panen dan pasca panen sejak dini [sumber: kebun.co.id]

Pemanen adalah rangkaian kegiatan dalam pengolahan pasca panen jagung. Penanganan pasca panen dengan pengeringan, pengeringan adalah upaya untuk menurunkan kadar air biji jagung agar aman disimpan. Kadar air biji yang aman untuk disimpan berkisar antara 12-14%. Pada saat jagung dikeringkan terjadi proses penguapan air pada biji karena adanya panas dari media pengering, sehingga uap air akan lepas dari permukaan biji jagung ke ruang di sekeliling tempat pengering. Pengeringan sangat diperlukan sebelum pemipilan untuk menghindari terjadinya biji pecah. Cara pengeringan jagung yang umum dilakukan petani dengan bantuan sinar matahari atau penjemuran langsung di lapang, umumnya diberlakukan pada tongkol yang sudah dikupas kelobotnya.

Pemipilan jagung berpengaruh terhadap butir rusak, kotoran, dan membantu mempercepat proses pengeringan. Proses pemipilan akan berlangsung dengan mudah dan kualitas pipilan tinggi apabila tanaman sudah mencapai umur panen yang ditentukan. Untuk memipil jagung pada saat biji masih tinggi dengan memasukkan jagung ke dalam kantung, kemudian didiamkan selama 24 jam, lalu jagung yang berada didalam kantung tersebut dipukul-pukul.



Gambar 60. Alat sederhana pemipil jagung (Sumber Haryoto, 1995)

Alat pemipil sederhana yang terbuat dari material yang mudah dijumpai di lingkungan petani yaitu kayu yang dilubangi seukuran tongkon jagung.



Gambar 61. Salah satu mesin pemipil jagung

Mesin sederhana pemipil jagung mampu memisahkan tongkol dan biji 1 ton kg/ jam dengan motor diesel 6.5 hp. Mesin ini diharapkan mampu mempercepat proses pemipilan agar mampu menekan penyusutan proses pascapanen. Mesin ini dirancang oleh UGM [sumber:tpb.tp.ugm.ac.id].



Gambar 62. Mesin panen jagung kapasitas besar. [sumber: kabartani.com]

Mesin panen jagung kapasitas besar dan lebih modern dapat menghemat tenaga dan waktu pengolahan panen dan pasca panen. Disamping itu, mesin ini juga mampu menjaga kualitas panen dan mengurangi susut. Mesin ini memiliki cara kerja yang mirip dengan mesin pemanen dan perontok padi.

6.3. Penanganan pasca panen

Dalam proses penyimpanan, biji jagung masih mengalami proses pernafasan dan menghasilkan karbondioksida, uap air, dan panas. Apabila kondisi ruang simpan tidak terkontrol maka akan terjadi kenaikan konsentrasi air di udara sekitar tempat penyimpanan. Sehingga memberikan peluang bagi pertumbuhan serangga dan cendawan perusak biji. Penyimpanan jagung dapat berlangsung lama tanpa menurunkan kualitas biji apabila terjadi keseimbangan kondisi simpan antara kelembaban udara relatif lingkungan dengan air biji pada kondisi suhu tertentu. Sebelum disimpan biji atau benih sebaiknya dikemas terlebih dahulu dalam kantong plastik, kemudian baru disimpan dalam fasilitas penyimpanan yang terbuat dari bahan kayu.

Penanganan panen dan pasca panen ditingkat petani masih relatif tradisional dan kurang efisien. Cara-cara penanganan pasca panen yang tradisional menimbulkan konsekuensi produk yang kurang berkualitas karena tingginya kandungan air dan kelembaban produk yang mudah terserang hama dan penyakit pasca panen. Produk yang dihasilkan pun relatif pecah-pecah dan terkontaminasi dengan aflatoksin.

Kontaminasi Aflatoksin adalah salah satu masalah serius pasca panen produk. Penanganan aflatoksin produk pasca panen memerlukan keseriusan yang tinggi karena akan berdampak pada kesehatan manusia dan hewan yang mengkonsumsi produk. Batas toleransi kandungan aflatoksi produk dapat dilihat pada Tabel 16 berikut dibawah ini.

Aflatoksin yang dihasilkan oleh golongan cendawan *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus* adalah sejenis toksinyang mengkontaminasi produk-produk pangan dan pertanian di dunia khususnya di daerah Tropis dan Sub-Tropis yang memiliki arti penting bagi kesehatan. Cendawan penghasil aflatoksin ini mudah dijumpai di tempat-tempat yang penyimpanan yang lembab dan bahan bahan yang telah melapuk. Beberapa jenis aflatoksin yang dikenal luas antara lain adalah Aflatoksin B1, B2, G1 dan G2 yang berbahaya bagi manusia dan binatang ternak. Aflatoksin-aflatoksin ini dijumpai pada seluruh produk pangan dan pertanian seperti kacang-kacangan, biji-bijian, kernel, dan produk-produk turunan pangan lainnya.

Beberapa Aflatoksin lain yang juga mengkontaminasi produk susu antara lain adalah aflatoksin M1 yang dapat dijumpai pada tempat-tempat pembuatan susu yang mudah terpapar dengan aflatoksin.

Batas-batas toleransi kontaminasi aflatoksin produk-produk pangan dan pertanian yang sudah ditetapkan oleh UNICEF dan World Food Programme melalui *Expert advice on appropriate criteria and limits for contaminants in ready to use therapeutic foods* (RUTF) tahun 2018 antara lain adalah konsentrasi aflatoksin dalam produk pangan 1 mg/kg produk. Lebih dari konsentrasi itu dapat menyebabkan keracunan akut (aflatoksin). Meskipun setiap negara memberikan standar konsentrasi yang berbeda-beda.

Table 20. Batas kandungan aflatoksin yang direkomendasikan berdasarkan

CODEX			
Raw material/ Commodity	Maximum Level (ML) µg/kg	Portion of the Commodity/Product to which the ML applies	Notes/Remarks
Peanuts	15	Unless specified, seed or kernels, after removal of shell or husk.	The ML applies for peanuts, also known as groundnuts, intended for further processing. "Further processing" means intended to undergo an additional processing/treatment that have proven to reduce levels of aflatoxins before being used as an ingredient in foodstuffs, otherwise processed or offered for human consumption. Processes that have proven to reduce levels of aflatoxins are shelling, blanching followed by colour sorting, and sorting by specific gravity and colour (damage). There is some evidence that roasting reduces aflatoxins in pistachios but for other nuts the evidence is still to be supplied.
			Toxicological guidance value (CODEX/JECFA 1987/96/97 & 2007//2016) Carcinogenic potency estimates for aflatoxins B, G, M. Intake should be reduced to levels As Low As Reasonably Achievable (ALARA principle).
EU REGULATION (EC) No 1831/2006			
Raw material/ Commodity	Maximum Level (ML) µg/kg	Portion of the Commodity/Product to which the ML applies	Notes/Remarks
Groundnuts (peanuts) and other oilseeds, to be subjected to sorting, or other physical treatment, before human consumption or use as an ingredient in foodstuffs, with the exception of: groundnuts (peanuts) and other oilseeds for crushing for refined vegetable oil production	B1: 8.0 Aflatoxin B1 + B2 + G1 + G2 : 15	The maximum levels refer to the edible part of groundnuts (peanuts) and tree nuts. If groundnuts (peanuts) and tree nuts 'in shell' are analysed, it is assumed when calculating the aflatoxin content all the contamination is on the edible part, except in the case of Brazil nuts.	
Groundnuts (peanuts) and other oilseeds and processed products thereof, intended for direct human consumption or use as an ingredient in foodstuffs, with the exception of: — crude vegetable oils destined for refining — refined vegetable oils	B1: 2.0 Aflatoxin B1 + B2 + G1 + G2: 4.0	n.a	
All cereals and all products derived	B1: 2.0	n.a	
			Toxicological guidance value (EU 1994/2007) SCF concluded: "Aflatoxins are genotoxic carcinogens. For this type of carcinogen, it is generally felt that there is no threshold dose below which no tumour formation would occur. In other words, only a zero level of exposure will result in no risk. It agreed with the recent evaluations of International Agency for Research on Cancer (1993) with respect to the carcinogenicity and genotoxicity of the aflatoxins. From the many reports on risk assessment, it can be concluded that even very low levels of exposure to aflatoxins, contribute to the risk of liver cancer." For aflatoxin M1, the Scientific Committee for Food concluded that there is sufficient evidence that aflatoxin M1 is a genotoxic carcinogen; its carcinogenic potency is estimated to be approximately 10 times lower than aflatoxin B1.

DAFTAR PUSTAKA

- AKK. 1993. *Teknik Bercocok Tanam Jagung*. Yogyakarta: Kanisius.
- Abdullah, T (2017). Abundance of *Paederus* sp, *Micraspis* sp, *Austrogomphus* sp, and *Orthetrum* sp. In Paddy Field Using Cowpea and Mung Beans as Shelter at Paddy Dikes. *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences*, 8(2), 1994-2000.
- Abdullah T (2012) Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) Kakao: Pengetahuan, Sikap, dan Tindakan Petani. *J. Agroplantae*, 1(2): 95-102
- Abdullah T, ID Daud, K Kartini, (2020) Uji pemangsa berbagai spesies semut (*Solenopsis* sp; *Oecophylla* sp; *Dolichoderus* sp) terhadap hama putih palsu (*Cnaphalocrocis medinalis*) pada tanaman padi. *J. Biologi Makassar*, 5(2):176-85
- Anne Casselman, 2007. Strange but true: The Largest Organism on Earth is a Fungus. *The Sciences*, Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/strange-but-true-largest-organism-is-fungus/>
- Ariani M., dan Effendi Pasandaran, 2005. *Pola Konsumsi dan Permintaan Jagung Untuk Pangan*. Ekonomi Jagung Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Aqil M., Firmansyah, M. dan Yamin Sinuseng. 2006. *Penanganan Pascapanen Jagung*. Maros. Balai penelitian Tanaman Serealia.
- Badan Ketahanan Pangan Dan Penyuluhan Pertanian. 2009. *Budidaya Tanaman Jagung*. Aceh : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD.
- Balitsereal (Balai Penelitian Tanaman Serealia). 2010. Deskripsi Varietas Unggul Jagung. A. M. Adnan, Constance Rapar, Zubachtirodin (Penyusun). Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros.
- Burhanuddin dan Syahrir Pakki, 2015. Reaksi aksesi plasma nutfah jagung terhadap penyakit bulai (*Perenosclerospora philippinensis*). Proseding seminar Nasional Serealia. Makassar.
- Barbosa PA ed (1998) *Conservation biological control*. Elsevier.
- B Saripah and I Azhar (2007) Handling of Cocoa Black Ants as a biological control agent against Cocoa Pod Borer in monococoa ecosystem. Conference on Plantation Commodities, 3-4 July 2007
- Borrer DJ, Triplehorn CA, dan Johnson NF (1996) *Pengenalan Serangga Edisi Keenam*. Diterjemahkan Soetiyono Partosoedjono. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press
- Ceballo, F.A. and B.M. Rejesus. 1983. Tryptophan and lysine supplemented artificial diet for corn borer (*Ostrinia furnacalis* Guenee). *Philipp. Entomol.* 6(5 & 6): 531-538.

- Eilenberg J, Hajek A, Lomer C (2001) Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*; 46, 387–400.
- Gassa A, Junaid M (2015) Chemical controlled strategy of ant occupied coconut tree (*Iridomyrmex cordatus*) (Hymenoptera: Formicidae) as the vector of cocoa pod rot disease (*Phytophthora palmivora*) 7:30-4.
- Gassa A, Abdullah T, Fatahuddin, Junaid M (2014) Formulation of Artificial Diet to Increase Population Distribution and Aggressive Behavior of Weaver Ant (*Oecophylla smaragdina* F.) For Controlling Cocoa Pod Borer (*Conopomorpha cramerella* Sn.) *Journal Academic Research International (ARInt)*, 5 (1):1-10.
- Gassa A, Abdullah T, & Junaid M (2015). The Use of Several Types of Artificial Diet to Increase Population and Aggressive Behavior of Weaver Ants (*Oecophylla smaragdina* F.) in Reducing Cocoa Pod Borer Infestation (*Conopomorpha cramerella* Sn.). *Academic Research International*, 6(1), 63.
- Gassa A, Fatahuddin, Abdullah T, & Junaid M (2016). Black ant (*Dolichoderus thoracicus*): Artificial diet and nest prospects in controlling cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella* Sn.). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7, 3185-3191.
- Guest D (2007) Black pod: diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*, 97(12), 1650-1653
- Haryoto, 1995. *Membuat Alat Pemipil Jagung*. Kanisius. Yogyakarta.
- Heywood VH Iriondo JM (2003) Plant conservation: old problems, new perspectives. *Biological Conservation*. 113 (3)321-35.
- Hernandez, J.A.S. 2009. *The Origin And Diversity Of Maize In The American Continent*. Universidad Autonoma De La Ciudad De Mexico. Mexico.
- Holway DA, Lach L, Suarez AV, Tsutsui ND & Case TJ (2002) The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33, 181–233.
- Huffaker CB, PS Messenger & P. DeBach (1971) The Natural Enemy component in natural control and the theory of biological control. In CB Huffaker and PS Messenger (ed) *Biological Control*. p.16-67. Academic Press, N.Y. 788 pp.
- Jonsson M Wratten SD Landis DA Gurr GM (2008) Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control*. 45 (Zhang)172-5.
- Junaid M, Gassa A, Rosmana A, Bakar S (2020) First report of *Phytophthora* black pod disease of cocoa spread by *Iridomyrmex cordatus* in Sulawesi: A dilemma about predatory insect for cocoa pest control. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 486 012169
- Jaime Pinero, 2017. *Trap cropping: A simple, effective, and affordable Integrated Pest Management strategy to control squash bugs and squash vine borers*. Integrated pest management Univ of Missouri.

- J. Offenberg (2015) Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of applied ecology*. 52: 1197-1205
- Jack A. Gilbert, Josh D. Neufeld, 2017. Life in a World without Microbes. *PLOS Biology*, 12 (12): 1-4. doi:10.1371/journal.pbio.1002020
- Kidd, Jen (1996) Population Dynamics. In: Jervis M, Kidd M, (ed) *Insect Natural enemies: Practical approaches to their studies and evaluation*. 1st ed. School of Pure and Applied Biology University of Wales, Cardiff UK: Springer Science Business Media. p. 293.
- Kalshoven, LGE (1981) *The Pest of Crop in Indonesia*. Direvisi dan diterjemahkan oleh laan, van der P.A P.T. Ichtar Baru-Van Hoeve. Jakarta
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45, 175–201.
- Lalbabu Kumar, Yogi M.K. and Jaba Jagdish, 2013. Habitat Manipulation for Biological Control of Insect Pests: A Review. *Research Journal of Agriculture and forestry Sciences*, Vol 1(10): 27-31
- Lando, T dan Y. Sinuseng. 1995. *Penelitian prototype alat simpan benih dan biji- bijian tanaman pangan. Hasil Penelitian Pascapanen dan Mekanisasi Pertanian*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Maros 14: 28-32.
- Purbopuspito, J. 2016. Respon Pertumbuhan Jagung Terhadap Pemberian pupuk NPK, Urea, SP-36, Dan KCL. *Jurnal Tanaman Jagung*. 62-69
- Putra, R. 2018. *Teknik Budidaya Jagung*. Lampung : Balitbangtan.
- Reddy MP, Sarla N, Siddiq EA. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *Euphytica*. 128:9–17. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020691618797>
- Ramadhani, R, Ravich, M, Maghfoer, D. 2018. Pengaruh sumber pupuk nitrogen dan waktu pemberian urea pada pertumbuhan dan hasil tanaman Jagung manis (*Zea mays* Sturt. var. *saccharata*). *Jurnal Agroteknologi*. 8-15
- Surtikanti. 2011. *Hama Dan Penyakit Penting Tanaman Jagung Dan Pengendaliannya*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Surtinah, dan Lidar, S. 2012. Pertumbuhan Vegetatif dan Kadar Gula Biji Jagung Manis (*Zea mays saccharata*, Sturt) di Pekanbaru. *J. Ilmiah Pertanian*
- Mita Yusri, 2021. Uji Efektivitas Cendawan Entomopatogen *Metarhizium Anisopliae* (Metch) Pada Berbagai Konsentrasi Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera Frugiperda*) J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Di Laboratorium, Jurusan Hama dan penyakit Tumbuhan, Skripsi S1.
- Munkvold, G. P., Arias, S., Taschl, I., & Gruber-Dorninger, C. (2019). Chapter 9 - Mycotoxins in Corn: Occurrence, Impacts, and Management. In S. O. Serna-Saldivar (Ed.), *Corn* (Third Edition) (pp. 235-287). Oxford: AACCI International Press.

- Muis, A., Pabendon, M. B., Nonci, N., & Waskito, W. P. S. (2013). Keragaman Genetik Peronosclerospora maydis Penyebab Bulai pada Jagung Berdasarkan Analisis Marka SSR. *PENELITIAN PERTANIAN TANAMAN PANGAN*, 32(3), 139-147.
- Munkvold, G. P., Arias, S., Taschl, I., & Gruber-Dorninger, C. (2019). Chapter 9 - Mycotoxins in Corn: Occurrence, Impacts, and Management. In S. O. Serna-Saldivar (Ed.), *Corn (Third Edition)* (pp. 235-287). Oxford: AACC International Press.
- Nurnina Nonci, 2004. Biologi dan Musuh Alami penggerek Batang Ostrinia furnacalis (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) pada tanaman Jagung. *Jurn. Litbang Perta*, 23 (1).1-14.
- Nurnina Nonci, N., Masmawati, A. Jabbar, dan D. Baco. 2001. Waktu pelepasan Trichogramma evanescens Westwood dalam pengendalian penggerek batang jagung (Ostrinia furnacalis Guenee). *Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain*. 13 hlm
- Nurnina Nonci, Masmawati, A. Jabbar, dan D. Baco. 2001. Waktu pelepasan Trichogramma evanescens Westwood dalam pengendalian penggerek batang jagung (Ostrinia furnacalis Guenee). *Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain*. 13 hlm
- Nurnina Nonci, J. Tandiabang, Masmawati, dan A. Muis. 2000. Inventarisasi musuh alami penggerek batang jagung (Ostrinia furnacalis) di sentra produksi Sulawesi Selatan. *Penelitian Pertanian* 19(3): 38–49
- Nurnina Nonci dan Djafar Baco, 1991. Pertumbuhan penggerek jagung (Ostrinia furnacalis) Guenee pada berbagai tingkat umur tanaman jagung (Zea mays L.). *Agrikam, Buletin Penelitian Pertanian Maros* 6(3): 95–101.
- Nurasiah Djaenuddin, Nurnina Nonci, Amran Muis, 2017. Efektivitas Formula Bacillus subtilis TM4 untuk Pengendalian Penyakit pada Tanaman Jagung. *J Fitopatol Indones*, 13 (40): 113-118. DOI: 10.14692/jfi.13.4.113
- Namita Poddar, Yogesh Yele dan Anu Kumari dalam Buku Cropping system approach in IPM, (2019) *Cropping System Approach in IPM*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/340683879_Cropping_System_Approach_in_IPM [accessed Jul 14 2021].
- Oma, G., Ibrahim, A., & Hamadah, K. (2021). Virulence of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae on different stages of the pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) Egypt J Biol Pest Control, 31(102), 1-7. doi:<https://doi.org/10.1186/s41938-021-00447-w>
- Polikarpia Wilhelmina Bani, Budi Setiadi Daryono, Purnomo Purnomo, 2017. Penanda Molekuler Inter Simple Sequence Repeat untuk Menentukan Ketahanan Tanaman Jagung terhadap Penyakit Bulai. *J Fitopatol Indones*, 13 (4): 127-135. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.4.127>
- Reddy MP, Sarla N, Siddiq EA. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *Euphytica*. 128:9–17. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020691618797>

- Rosmana A, Waniada C, Junaid M, Gassa A (2010) Peranan semut *Iridomyrmex cordatus* dalam menularkan pathogen busuk buah *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkebunan*; 6(3):169-76.
- Tscharntke T, Bommarco, R, Clough Y, Crist T, Kleijn D, Rand T, Tylianakis J, Vidal S (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43, 294–309.
- Ulina Simbolon, Maryani Cyccu Tobing, Darma Bakti, 2020. Biologi *Stenocranus pacificus* Kirkaldy (Hemiptera: Delphacidae) pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) di rumah kaca. *Journ Ento*, 17 (2): 104-111. <https://doi.org/10.5994/jei.17.2.104>
- Wahyudin, A, Yuwariah, Wicaksono. 2017. Maize Response Due To Legowo Planting System (2:1) And Various Doses Of Nitrogen Fertilizers In Inceptisol Soil of Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*. 16 (3) : 507-513
- Warisno. 1998 . *Budidaya Jagung Hibrida*. Yogyakarta. Kanisius.
- Yasin, M., Soenartiningih, dan Surtikanti. 1999. Pengendalian hama penggerek batang *Ostrinia furnacalis* dengan cendawan *Beauveria bassiana* Vuillemin. *Jurnal Stigma* 7(2): 48–51
- Yasin, M., S. Mas'ud, A.H. Talanca, dan D. Baco. 2000. Keefektifan cendawan *M. anisopliae*, *B. bassiana*, dalam pengendalian penggerek batang jagung, *O. furnacalis* Guenee. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*. 5: 30– 37.

Biodata Penulis

Dr. Muhammad Junaid adalah dosen pada Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan/ Proteksi Tanaman dan Prodi Agroteknologi sejak tahun 2008 dan pada Prodi Sarjana Terapan Vokasi Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddun sejak tahun 2019. Penulis aktif pada Perhimpunan Fitopatologi Indonesia 2020 Komda Sulsel sebagai Sekretaris. Anggota Australiasia Phytopathological society (APPS) sejak 2016 sampai sekarang. Aktif pada kajian multidisiplin sekaligus sebagai sekretaris Centre Interdisciplinary Sustainability Sciences (CEISS) mulai tahun 2019-sekarang di Pasca Sarjana UNHAS dan menjadi koordinator divisi pada kajian Sustainable Development Goals (SDGs) UNHAS. Semasa kuliah S1, penulis diangkat menjadi asisten dosen dengan memegang beberapa matakuliah utama yaitu Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Ilmu Penyakit Tumbuhan, dan Mikrobiologi Pertanian. Selain itu, penulis juga aktif pada kegiatan kemahasiswaan di tingkat Fakultas sebagai ketua Majelis Permusyawaratan Mahasiswa (Maperwa) periode 1999-2000 dan aktif pada Keluarga Mahasiswa (Kemawa) Universitas. Tahun 2006 menyelesaikan studi (dalam kurun waktu 1 tahun 6 bulan) pada program Magister Ilmu-Ilmu Pertanian konsentrasi Organisme Pengganggu Tumbuhan Pasca Sarjana UNHAS. Tahun 2009, memperoleh beasiswa Norman Borlaug bidang kakao kerjasama Departemen Pertanian US (USDA) dan World Cocoa Foundation (WCF) fokus mendalami teknik diagnosis secara molecular patogen penyebab penyakit Vascular streak dieback tanaman kakao. Selama kegiatan di USDA, penulis memperoleh penghargaan sebagai mahasiswa kehormatan pada kegiatan tahunan Pennsylvania Manufacture Confectionary Associations (PMCA). Tahun 2014, penulis mendapat kesempatan mempresentasikan pokok pokok pikiran cocoa farming in Indonesia: present challenges di forum yang sama di PMCA. Tahun yang sama (2014) penulis melanjutkan pendidikan Doktor (S3) pada Prodi School of Life and Environmental Sciences, The University of Sydney, Australia pada konsentrasi Ilmu Penyakit Tumbuhan dan memperoleh gelar Doktor tahun 2019. Selama kuliah S3, penulis memperoleh penghargaan sebagai Mahasiswa terbaik yang diterbitkan oleh Direktur Centre for English Teaching. Penulis telah sedang mempublikasikan puluhan artikel-artikel yang dimuat pada jurnal Q1 - Q4 Scimago dengan kinerja sitasi artikel SCOPUS mencapai 73 (sekarang) dengan H-index 5. Buku yang telah berhasil diterbitkan penulis antara lain adalah (1) Best practise mendiagnosa penyakit utama padi dan cara pengelolaannya, (2) Panduan praktis deteksi dan indentifikasi Phytophthora (terjemahan) dan (3) Panduan praktis budidaya tanaman kelapa. Penulis juga aktif sebagai pembicara pada forum lokal, nasional dan Internasional terkait isu-isu perlindungan tanaman, penyakit VSD kakao dan SDGs. Tahun 2021, penulis telah berkontribusi besar pencapaian UNHAS meraih peringkat 79 dunia (untuk pertama kali) menurut pemeringkatan Time Higher Education (THE) konteks SDGs (<https://www.timeshighereducation.com/impactrankings#!/page/3/>). Saat itu penulis fokus menulis SDG1 (yang menempati peringkat 6 dunia dari seluruh SDG1 yang disubmit).

MUHAMMAD JUNAID, SP., MP., PhD.

Perumahan dosen UNHAS Jl. Isaac Newton Blok R-42B Tamalanrea, Makassar 90245 | Email: muhammad.junaid@agri.unhas.ac.id | Author ID-SINTA: 6038586 | SCOPUS ID: 54795337200 | ORCID :0000-0002-7116-5887