



DASAR-DASAR PERLINDUNGAN TANAMAN

TIM PENULIS :

Silvia Permata Sari, Nurmujahidin, Sri Sukmawati
Mutmainnah, Elsa Sulastris, Asti Irawanti Azis
Amelia Agustina Limbongan, Nurul Wirid Annisaa
Yuliana Susanti, Agnes Tutik Purwani Irianti
Prihatin, Tamrin Abdullah, Niken Nur Kasim

DASAR-DASAR PERLINDUNGAN TANAMAN

Silvia Permata Sari
Nurmujahidin
Sri Sukmawati
Mutmainnah
Elsa Sulastri
Asti Irawanti Azis
Amelia Agustina Limbongan
Nurul Wirid Annisaa
Yuliana Susanti
Agnes Tutik Purwani Irianti
Prihatin
Tamrin Abdullah
Niken Nur Kasim



GETPRESS INDONESIA

DASAR-DASAR PERLINDUNGAN TANAMAN

Penulis :

Silvia Permata Sari
Nurmujahidin
Sri Sukmawati
Mutmainnah
Elsa Sulastri
Asti Irawanti Azis
Amelia Agustina Limbongan
Nurul Wirid Annisaa
Yuliana Susanti
Agnes Tutik Purwani Irianti
Prihatin
Tamrin Abdullah
Niken Nur Kasim

ISBN : 978-623-125-682-9

Editor : Mila Sari, M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

PENERBIT GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Maret 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ini, yang berjudul Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, dapat tersusun dan diterbitkan. Buku ini disusun sebagai upaya untuk memberikan pemahaman dasar mengenai prinsip-prinsip perlindungan tanaman bagi mahasiswa, praktisi pertanian, dan masyarakat umum yang tertarik dalam bidang ini.

Perlindungan tanaman merupakan aspek penting dalam pertanian yang bertujuan untuk menjaga kesehatan tanaman dan meningkatkan hasil produksi dengan cara mencegah serta mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT). Dalam buku ini, pembaca akan diperkenalkan pada berbagai konsep dasar, mulai dari pengenalan hama, penyakit, dan gulma, hingga strategi pengendalian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca dalam memahami dasar-dasar perlindungan tanaman. Penyusunan buku ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan buku ini.

Kami menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam buku ini. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan edisi selanjutnya.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan turut serta dalam pengembangan ilmu perlindungan tanaman di Indonesia.

Padang, Maret 2025

Author

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1 SEJARAH DAN PERKEMBANGAN PERLINDUNGAN TANAMAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.1.1 Pentingnya Perlindungan Tanaman dalam Pertanian Modern.....	1
1.1.2 Tujuan Buku "Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman.....	2
1.1.3 Gambaran Umum tentang Topik Perlindungan Tanaman	3
1.3 Sejarah Awal Perlindungan Tanaman.....	4
1.4 Revolusi Industri Pertanian dan Perlindungan Tanaman	5
1.5 Perkembangan Modern dalam Perlindungan Tanaman.....	7
1.6 Tantangan dan Isu Terkini dalam Perlindungan Tanaman...	8
1.7 Outlook untuk Masa Depan Perlindungan Tanaman	10
DAFTAR PUSTAKA.....	12
BAB 2 PERMASALAHAN PERLINDUNGAN TANAMAN	13
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).....	16
2.2.1 Hama	16
2.2.2 Penyakit	20
2.2.3 Gulma	22
2.3 Resistensi Hama, Gulma dan Patogen	23
2.4 Perubahan Iklim.....	24
2.5 Pengetahuan Petani	26
2.6 Perdagangan Global dan Penyebaran Patogen Invasif	27
DAFTAR PUSTAKA.....	29
BAB 3 JENIS-JENIS PENGGANGGU TANAMAN.....	37
3.1 Pengertian Organisme Pengganggu Tanaman	37

3.2 Hama	42
3.2.1 Hama Vertebrata	42
3.2.2 Hama Intervertebrata	44
3.3 Patogen Penyakit Tanaman.....	51
3.1 Bakteri	53
3.3.2 Cendawan.....	54
3.3.3 Virus.....	56
3.4 Gulma.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
BAB 4 PENTINGNYA PERLINDUNGAN DAN PERATURAN	
PEMERINTAH	63
4.1 Pendahuluan	63
4.2 Pentingnya Perlindungan Tanaman	66
4.2.1 Menjaga Ketahanan Pangan.....	66
4.2.2 Melestarikan Keanekaragaman Hayati	68
4.2.3 Mencegah Hama dan Penyakit	70
4.3 Peraturan Pemerintah Perlindungan Tanaman.....	72
4.3.1 Undang-Undang Perlindungan Tanaman	72
4.3.2 Peraturan Menteri Pertanian.....	74
4.3.3 Standar Nasional Indonesia (SNI)	77
4.4 Implementasi Peraturan di Lapangan.....	79
4.4.1 Peran Pemerintah Daerah	79
4.4.2 Pengawasan dan Pelaksanaan Peraturan di Tingkat	
Lokal	81
4.4.3 Kolaborasi dengan Masyarakat.....	83
DAFTAR PUSTAKA	85
BAB 5 BINATANG BERPOTENSI MENJADI HAMA.....	89
5.1 Definisi Hama.....	89
5.2 Klasifikasi Binatang Berpotensi Menjadi Hama	91
DAFTAR PUSTAKA	109
BAB 6 PENGGUNAAN PESTISIDA YANG BAIK DAN BENAR	119
6.1 Pendahuluan	119
6.2 Konsep Dasar Pestisida.....	122
6.2.1 Definisi Pestisida.....	123

6.2.2 Mekanisme Kerja Pestisida.....	125
6.3 Prinsip Penggunaan Pestisida.....	128
6.3.1 Tepat Dosis.....	128
6.3.2 Tepat Waktu.....	129
6.4 Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Sintetik	130
6.5 Strategi Pengelolaan Pestisida Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan	133
6.5.1 Penerapan Prinsip Pengelolaan Hama Terpadu (PHT)..	133
6.5.2 Penggunaan Pestisida Hayati dan Nabati.....	134
6.5.3 Rotasi dan Diversifikasi Pestisida untuk Mencegah Resistensi	135
6.5.4 Teknologi Aplikasi Pestisida yang Efektif dan Presisi.....	136
6.5.5 Regulasi dan Edukasi Petani dalam Penggunaan Pestisida	137
DAFTAR PUSTAKA.....	138
BAB 7 PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN DARI FAKTOR BIOTIK.....	141
7.1 Pendahuluan	141
7.2 Segitiga Penyakit	142
7.3 Penyebab Biotik Penyakit Tanaman	143
7.3.1 Cendawan	143
7.3.2 Bakteri	154
7.3.2 Virus	157
7.3.3 Fitoplasma	159
7.3.4 Nematoda.....	160
7.3.5 Oomycetes.....	162
7.3.7 Tanaman Parasit.....	163
DAFTAR PUSTAKA.....	166
BAB 8 PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN DARI FAKTOR ABIOTIK	171
8.1 Pendahuluan	171
8.2 Faktor Utama Penyebab Penyakit Abiotik.....	172
8.2.1 Suhu	173
8.2.2 Kelembaban	176

8.2.3 Tanah dan Air	178
8.2.4 Kerusakan Akibat Bahan Kimia	180
8.2.5 Perlakuan Pertanian.....	183
8.3 Mekanisme Adaptasi Tanaman.....	183
8.3.1 Mekanisme Biokimia dan Fisiologi dalam Adaptasi Tanaman	184
8.3.2 Peran Mikroba dalam Adaptasi Tanaman	185
8.3.3 Dampak Adaptasi Tanaman terhadap Produksi Pertanian	186
DAFTAR PUSTAKA	187
BAB 9 KONSEP TIMBULNYA GANGGUAN ORGANISME PENGANGGU TANAMAN	191
9.1 Pendahuluan	191
9.2 Organisme Pengganggu Tanaman	192
9.2.1 Hama	193
9.2.2 Penyakit Tanaman.....	196
9.2.3 Gulma	198
9.3. Konsep Timbulnya Gangguan	201
9.3.1 Konsep Segitiga Gangguan	202
DAFTAR PUSTAKA	206
BAB 10 ORGANISME PENGANGGU TANAMAN BAGIAN HAMA (OPT DARI GOLONGAN HAMA)	209
10.1 Pendahuluan	209
10.2 Hama dari Filum Nematelminthes	210
10.2.1 Ordo Tylenchida	212
10.2.2 Ordo Dorylaimida	213
10.3 Hama dari Filum Moluska	214
10.3.1 Kelas Gastropoda	214
10.4 Hama dari Filum Arthropoda	216
10.4.1 Kelas Arachnida	217
10.4.2 Kelas Insekta	218
10.5 Hama dari Filum Chordata.....	228
DAFTAR PUSTAKA	230

BAB 11 PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN KONSEP DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN HAMA TERPADU (PHT)	235
11.1 Pengantar Pengendalian Hama Terpadu (PHT).....	235
11.1.1 Definisi dan Konsep Dasar PHT	236
11.1.2 Sasaran dan Manfaat Penerapan PHT	238
11.2 Prinsip Dasar Pengendalian Hama Terpadu.....	239
11.2.1 Menjaga Kesehatan Tanaman dan Ketahanannya terhadap OPT	240
11.2.2 Meningkatkan Peran Pengendali Alami di Pertanian.....	241
11.2.3 Pemantauan untuk Menentukan Tindakan Intervensi dalam Pengamanan Hasil Panen.....	242
11.3 Komponen Teknologi dalam PHT.....	243
11.3.1 Pengendalian Kultur Teknik	244
11.3.2 Pengendalian Secara Biologis atau Hayati	245
11.3.3 Pengendalian Fisik dan Mekanis	247
11.3.4 Pengendalian Secara Kimiawi	248
11.3.5 Pengendalian dengan Tanaman Varietas Tahan	249
11.4 Strategi Implementasi PHT di Lapangan	249
11.4.1 Pendekatan Partisipasi dalam Implementasi PHT.....	250
11.4.2 Peran Petani, Penyuluh, dan Lembaga Penelitian dalam Penerapan PHT.....	251
11.5 Kendala dan Tantangan dalam Penerapan Teknologi PHT	252
11.6 Inovasi dan Pengembangan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) di Masa Depan.....	254
DAFTAR PUSTAKA.....	256
BAB 12 PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN PENGENDALIAN HAYATI SEBAGAI KOMPONEN PHT YANG PENTING	261
12.1 Konsep Pengendalian Hayati.....	261
12.1.1 Pengendalian Hayati dalam Arti Sempit	263
12.1.2 Pengendalian Hayati dalam Arti Luas.....	264
12.2 Kekurangan dan Kelebihan Pengendalian Hayati	266

12.2.1 Kekurangan Pengendalian Hayati	267
12.2.2 Kelebihan Pengendalian Hayati.....	269
12.3 Agens Pengendali Hama Secara Hayati	271
12.3.1 Predator	272
12.3.2 Parasitoid.....	275
12.3.3 Entomopatogen (Patogen Serangga Hama).....	276
12.4 Penerapan Pengendalian Hayati	277
12.4.1 Teknik Pengendalian Hayati	277
12.4.2 Kedudukan Pengendalian Hayati dalam Pengelolaan Hama	280
DAFTAR PUSTAKA	282
BAB 13 TEKNIK PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN	285
13.1 Pendahuluan	285
13.2 Teknik Pengendalian	287
13.2.1 Kultur Teknis	287
13.2.2 Pengendalian Mekanik.....	293
13.2.3 Pengendalian Fisik.....	295
DAFTAR PUSTAKA	304

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perkiraan kehilangan hasil tanaman pertanian di dunia akibat serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)	19
Tabel 3. 1. Jenis organisme pengganggu tanaman (OPT)	41
Tabel 6. 1. Mekanisme kerja pestisida	127
Tabel 7. 1. Perbandingan gejala penyakit yang disebabkan oleh cendawan dan bakteri.....	156
Tabel 7. 2. Contoh virus tanaman di Indonesia	158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Rantai Makanan dalam Ekosistem Pertanian	38
Gambar 3. 2. Segitiga Gangguan, Segiempat Gangguan, Segilimas Gangguan	40
Gambar 3. 3. Hama vertebrata dari kelas Mamalia, (a) Kelelawar (<i>Pteropus vampyrus</i>); (b) Tikus rumah(<i>Mus musc</i>); (c) Babi Hutan (<i>Sus domestica</i>); (d) Tikus sawah (<i>Rattus argenticventer</i>); (e) Kera Ekor Panjang (<i>Macaca fascicularis</i>); (f) Tupai atau Bajing (<i>Callosciurus notatus</i>)	43
Gambar 3. 4. Hama vertebrata dari kelas Aves, (a) Burung chestnut munia (<i>Lonchura malaka</i>); (b) burung pipit perut putih (<i>Lonchura leucogastra</i>), (c) Burung pipit Munia bersisik (<i>Lonchura punctulata</i>), (d) Burung Sparrow pobon eurasia (<i>Passer montanus</i>).	44
Gambar 3. 5. Hama intervertebrata dari kelas moluska, (a) Bekicot (<i>Lonchura malaka</i>); (b) Telur Bekicot (c) Keong Emas (<i>Pomacea caniculata</i> L.) dan Telur; (d) Siput tanpa cangkang (<i>Parmarion pupillaris Humb</i>).	45
Gambar 3. 6. Hama intervertebrata dari Kelas Acarina, (a) dan (b) famili Eriophyidae dan gejala serangannya; (c) famili Tarsonemidae; (d) dan (e) famili Tetranychidae dan gejala serangannya	46
Gambar 3. 7. Bentuk-Bentuk Dasar Tipe Alat Mulut Serangga Hama.....	47
Gambar 3. 8. Hama kelas Insekta, ordo Coleoptera.	48
Gambar 3. 9. Hama kelas Insekta, ordo Lepidoptera.	48
Gambar 3. 10. Hama kelas Insekta, ordo Orthoptera.....	49
Gambar 3. 11. Hama kelas Insekta, ordo Homoptera.....	49
Gambar 3. 12. Hama kelas Insekta, ordo Hemiptera.....	50
Gambar 3. 13. Hama kelas Insekta, ordo Diptera.....	50
Gambar 3. 14. Hama kelas Insekta, ordo Thysanoptera.	50

Gambar 3. 15. Bentuk-bentuk sel bakteri.	53
Gambar 3. 16. Gejala tanaman tomat terinfeksi layu Bakteri dan tanaman kubis terinfeksi Busuk Hitam Bakteri. .	54
Gambar 3. 17. Morfologi cendawan dalam cawan (makro), bentuk spora dan sporangiofor, bentuk hifa dan miselium; Struktur pertahanan.	55
Gambar 3. 18. Penyakit Antraknosa oleh cendawan <i>Colletotrichum</i> spp.	56
Gambar 3. 19. Beberapa bentuk partikel virus pada tanaman.	57
Gambar 5. 1. Penggerek batang padi kuning (<i>Scirpophaga incertulas</i>)...	92
Gambar 5. 2. Wereng batang coklat (<i>Nilaparvata lugens</i>)	93
Gambar 5. 3. Larva pengulung daun (<i>Cnaphalocrocis medinalis</i>)	94
Gambar 5. 4. Walang sangit (<i>Leptocoris oratorius</i> F.)	95
Gambar 5. 5. burung pipit (<i>Lonchura atricapilla</i>)	96
Gambar 5. 6. Larva dewasa (instar kelima) dari <i>Spodoptera frugiperda</i> dengan morfologi karakteristik yang ditandai pada larva. A) Bentuk “Y” terbalik di kepala dan B) empat titik pada segmen abdomen ke-8	98
Gambar 5. 7. Penggerek batang jagung (<i>Ostrinia furnacalis</i>)	99
Gambar 5. 8. Penggerek tongkol (<i>Helicoverpa armigera</i>)	100
Gambar 5. 9. Ulat Api (<i>Setothosea asigna</i>) (A), Gejala serangan (B) pada tanaman kelapa sawit	101
Gambar 5. 10. Kumbang tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i>)	102
Gambar 5. 11. Penggerek batang merah (<i>Zeuzera coffea</i>).....	103
Gambar 5. 12. Kerusakan kakao akibat <i>helopeltis</i> spp.....	104
Gambar 5. 13. Lalat buah/ <i>Bacrocera</i> sp.....	105
Gambar 5. 14. <i>Aphis gossypii</i>	106
Gambar 5. 15. Anjing tanah.....	107
Gambar 5. 16. <i>Bemisia tabaci</i>	108
Gambar 7. 1. Contoh agensia biotik penyakit tanaman.....	142
Gambar 7. 2. Segitiga penyakit.....	143
Gambar 7. 3. Batang bibit berubah warna menjadi kecoklatan dan bibit rebah.	146

Gambar 7. 4. Gejala bercak daun pada daun tanaman hias kembang bokor (<i>Hydrangea</i> sp.) akibat infeksi <i>Cercospora</i> sp.	148
Gambar 7. 5. Gejala penyakit embun tepung pada tanaman kedelai yang disebabkan oleh cendawan <i>Microsphaera diffusa</i>	150
Gambar 7. 6. Gejala kanker pada tanaman karet.....	151
Gambar 7. 7. Gejala busuk akar akibat infeksi <i>Rhizoctonia</i> sp. pada tanaman tomat. Gejala infeksi hanya terlihat memanjang hingga sekitar 2,5 cm.	153
Gambar 7. 8. Gejala penyakit kresek pada tanaman padi.	155
Gambar 7. 9. Gejala tungro pada padi.	158
Gambar 7. 10. Gejala tunas berumput pada tanaman tebu.	160
Gambar 7. 11. Gejala nematoda simpul akar (<i>M. enterolobii</i>) pada akar tomat.	162
Gambar 7. 12. Infeksi penyakit busuk daun yang disebabkan oleh <i>P. infestans</i>	163
Gambar 7. 13. (A) <i>Arceuthobium abietinum</i> memarasit pinus putih (<i>Abies concolor</i>); (B) <i>Cuscuta europaea</i> memarasit <i>Sambucus ebulus</i>	164
Gambar 9. 1. Serangga penusuk dan penghisap/pengisap getah (Kutu daun, wereng, lalat buah, thrips, serangga sisik, kutu putih, kutu sejati, tungau dll)	194
Gambar 9. 2. Serangga penggerek daun/serangga mengunyah (Ulat (cacing tentara), ulat potong, belalang, belatung, kumbang tutul, kumbang kutu, ulat tanduk, penggerek daun, dan kumbang lainnya).....	194
Gambar 9. 3. Serangga penggerek Tanaman (Kumbang penggerek, ulat potong, penggerek polong, penggerek buah dan pucuk, lalat batang/kacang, ngengat)	195
Gambar 9. 4. Serangga sebagai musuh alami (Kepik, belalang sembah, kelabang, tawon kecil, laba-laba, lalat jala, lalat melayang, capung, serangga pembunuh, cacing tanah, dan serangga bajak laut)	195

Gambar 9. 5. Serangga sebagai Penyerbukan (Lebah, lebah tanah, lalat, lalat melayang, kupu-kupu, dan ngengat)	195
Gambar 9. 6. Kerusakan akibat suhu ekstrem pada tanaman	197
Gambar 9. 7. Penyakit busuk coklat pada buah apricot (A), Penyakit busuk daun disebabkan oleh bakteri <i>Xanthomonas hortorum</i> pv. <i>Pelargonii</i> (B), Penyakit mosaik virus pada daun tanaman mawar, Penyakit kuning aster disebabkan oleh fitoplasma.....	198
Gambar 9. 8. Gulma A: Pletekan atau kencana ungu (<i>Ruellia tuberosa</i> L.), Gulma B: Bayam duri (<i>Amaranthus spinosus</i> L.), Gulma C: Babadotan (<i>Ageratum conyzoides</i> L), Gulma D: Ajeran atau Ketul (<i>Bidens pilosa</i> L), Gulma E: Rumput teki (<i>Cyperus rotundus</i> L.), Gulma F: Meniran (<i>Phyllanthus urinaria</i> L.)	200
Gambar 10. 1. Nematoda	211
Gambar 10. 2. Keong Mas (<i>Pomacea canaliculata</i>).....	216
Gambar 10. 3. Hama Tungau Merah di Pembibitan Kelapa Sawit	218
Gambar 10. 4. <i>Locusta migratoria</i>	220
Gambar 10. 5. Siklus Hidup Rayap	221
Gambar 10. 6. <i>Thrips</i> sp.	222
Gambar 10. 7. Wereng Coklat (<i>Nilaparvata lugens</i>).....	223
Gambar 10. 8. Walang sangit (<i>Leptocorisa acuta</i>)	224
Gambar 10. 9. Lalat Buah (<i>Bactrocera</i> sp.)	225
Gambar 10. 10. Serangga dari Ordo Coleoptera	226
Gambar 10. 11. Siklus Hidup Kupu-kupu	227
Gambar 10. 12. Tikus Sawah (<i>Rattus argentiventer</i>)	229
Gambar 13. 1. Ilustrasi manfaat pengaturan pola dan waktu tanam sebagai salah satu strategi pengendalian secara kultur teknis.....	288
Gambar 13. 2. Ilustrasi skema rotasi tanaman	291

Gambar 13. 3. Penggunaan Perangkap Kuning dan Perangkap Cahaya sebagai salah satu metode pengendalian mekanik.	295
---	-----

BAB 1

SEJARAH DAN PERKEMBANGAN PERLINDUNGAN TANAMAN

Oleh Silvia Permata Sari

1.1 Pendahuluan

Pertanian modern tidak dapat dipisahkan dari perlindungan tanaman yang efektif. Perlindungan tanaman bukan hanya tentang mengendalikan hama, penyakit, dan gulma, tetapi juga tentang menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman untuk memenuhi kebutuhan pangan dunia yang terus berkembang. Dalam konteks ini, buku "Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman" menjadi sebuah panduan yang penting bagi para praktisi pertanian, ilmuwan, dan pemangku kepentingan lainnya dalam memahami konsep, teknologi, dan praktik terkini dalam perlindungan tanaman.

1.1.1 Pentingnya Perlindungan Tanaman dalam Pertanian Modern

Perlindungan tanaman memiliki peran yang krusial dalam mencapai keberlanjutan pertanian modern. Pentingnya perlindungan tanaman dalam pertanian modern tidak bisa diabaikan. Tanaman rentan terhadap

serangan berbagai jenis organisme patogen seperti hama, penyakit, dan gulma yang dapat menyebabkan kerugian besar dalam produksi tanaman. Tanaman menjadi pusat dari produksi pangan, pakan ternak, dan bahan baku industri, oleh karena itu, kelestarian dan produktivitas tanaman menjadi faktor penentu dalam ketahanan pangan global. Menurut Fernandez-Cornejo dan McBride (2002), kerugian akibat serangan hama dan penyakit dapat mencapai miliaran dolar setiap tahunnya di seluruh dunia. Perlindungan tanaman memungkinkan para petani untuk menghasilkan tanaman yang berkualitas tinggi dengan jumlah yang cukup, sehingga memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemenuhan kebutuhan pangan dunia. Oleh karena itu, perlindungan tanaman menjadi kunci dalam menjaga stabilitas produksi pertanian dan menjaga ketahanan pangan global.

Pengertian perlindungan tanaman melibatkan upaya untuk menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman dari serangan hama, penyakit, dan gulma. Dalam konteks pertanian modern, perlindungan tanaman menjadi landasan penting untuk meningkatkan hasil panen, menjaga keberlanjutan lingkungan, dan memastikan ketersediaan pangan yang memadai bagi populasi dunia yang terus bertambah.

1.1.2 Tujuan Buku "Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman

Tujuan dari buku "Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman" adalah untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang prinsip-prinsip dasar, teknologi terkini, dan aplikasi praktis dalam perlindungan tanaman.

Buku ini dirancang untuk menjadi panduan yang berguna bagi mahasiswa, peneliti, petani, dan para praktisi pertanian dalam mengembangkan pengetahuan dan keterampilan dalam melindungi tanaman dari serangan hama, penyakit, dan gulma. Dengan memahami dasar-dasar perlindungan tanaman, pembaca diharapkan dapat mengimplementasikan praktik perlindungan tanaman yang efektif dalam pertanian mereka sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi tanaman mereka dan mengurangi kerugian akibat serangan organisme pengganggu.

1.1.3 Gambaran Umum tentang Topik Perlindungan Tanaman

Topik perlindungan tanaman mencakup berbagai aspek yang mencakup pengendalian hama, penyakit, dan gulma, serta upaya-upaya untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan dan serangan organisme pengganggu. Konsep dasar dalam perlindungan tanaman meliputi identifikasi dan pemahaman tentang organisme pengganggu, pengembangan strategi pengendalian yang efektif, penerapan teknologi terkini dalam pemantauan dan prediksi serangan, serta pengelolaan lingkungan pertanian untuk meminimalkan risiko serangan organisme pengganggu. Menurut Oerke (2006), pendekatan terintegrasi dalam perlindungan tanaman yang menggabungkan berbagai teknik pengendalian dapat memberikan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam menghadapi tantangan dalam pertanian modern. Dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan peningkatan tekanan populasi,

perlindungan tanaman menjadi semakin penting dalam menjaga ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian. Dengan demikian, buku "Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman" akan membahas secara mendalam tentang prinsip-prinsip dasar perlindungan tanaman, sejarah dan perkembangannya, teknologi terkini dalam pengendalian organisme pengganggu, serta tantangan dan peluang yang dihadapi dalam menjaga keberlanjutan pertanian modern.

1.3 Sejarah Awal Perlindungan Tanaman

Perlindungan tanaman telah menjadi aspek penting dalam perkembangan pertanian sejak zaman kuno. Berbagai peradaban telah mengembangkan teknik dan strategi untuk melindungi tanaman mereka dari serangan hama, penyakit, dan gulma. Sejarah awal perlindungan tanaman mencerminkan perjuangan manusia dalam mempertahankan hasil pertanian mereka dan memastikan pasokan pangan yang cukup untuk kelangsungan hidup.

Zaman Mesir kuno adalah salah satu peradaban awal yang memiliki pemahaman mendalam tentang perlindungan tanaman. Praktik-praktik seperti penggunaan minyak dan tanaman tertentu untuk mengendalikan hama dan penyakit telah tercatat dalam tulisan-tulisan sejarah (Brown, 2003).

Di Yunani kuno, tulisan-tulisan tentang pertanian dari filsuf-filsuf seperti Theophrastus memberikan wawasan tentang metode yang digunakan dalam perlindungan tanaman. Mereka menggunakan berbagai macam bahan

organik dan mineral untuk menghalau hama dan penyakit dari tanaman mereka (Tracy, 2016).

Perkembangan penting dalam perlindungan tanaman juga terjadi di Cina kuno. Buku-buku seperti "Qimin Yaoshu" memberikan panduan tentang penggunaan pestisida alami, seperti belerang dan arsenik, untuk melawan hama tanaman (Geissler, 2002).

Meskipun praktik-praktik ini memiliki nilai historis yang penting, masih banyak yang harus dipelajari dan disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan modern. Seiring dengan perkembangan industri pertanian, perlindungan tanaman telah mengalami transformasi yang signifikan, tetapi pengetahuan tentang sejarah awal ini tetap menjadi landasan penting dalam memahami prinsip-prinsip perlindungan tanaman saat ini.

1.4 Revolusi Industri Pertanian dan Perlindungan Tanaman

Revolusi Industri Pertanian merupakan periode signifikan dalam sejarah pertanian yang ditandai dengan penggunaan teknologi dan mesin pertanian yang canggih untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Perkembangan ini juga memiliki dampak yang besar pada perlindungan tanaman, baik dalam hal pengendalian hama, penyakit, maupun gulma.

Salah satu aspek utama dari Revolusi Industri Pertanian adalah penggunaan pestisida dan herbisida yang lebih efektif. Penelitian oleh Fernandez-Cornejo dan McBride (2002) menunjukkan bahwa penggunaan pestisida

telah meningkat secara signifikan sejak awal Revolusi Industri Pertanian. Penggunaan pestisida yang lebih kuat dan lebih efisien membantu petani dalam melawan serangan hama yang dapat mengancam hasil panen mereka.

Selain itu, Revolusi Industri Pertanian juga memperkenalkan teknologi genetika yang revolusioner, seperti tanaman transgenik. Tanaman transgenik yang tahan terhadap serangan hama atau penyakit tertentu memberikan alternatif lain dalam mengendalikan hama tanaman (Fernandez-Cornejo & McBride, 2002).

Namun, Revolusi Industri Pertanian juga menimbulkan beberapa isu terkait lingkungan dan kesehatan. Penggunaan pestisida dan herbisida yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan residu berbahaya pada hasil panen. Selain itu, peningkatan penggunaan tanaman transgenik juga memunculkan pertanyaan etis tentang keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan (Qaim, 2009).

Dengan demikian, sementara Revolusi Industri Pertanian telah membawa kemajuan signifikan dalam perlindungan tanaman, penting bagi kita untuk mempertimbangkan dampaknya secara menyeluruh dan mencari solusi yang berkelanjutan dalam menghadapi tantangan perlindungan tanaman di masa depan.

1.5 Perkembangan Modern dalam Perlindungan Tanaman

Perlindungan tanaman telah mengalami perkembangan signifikan dalam dekade terakhir, mengintegrasikan teknologi canggih dan pendekatan inovatif untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi kerugian akibat serangan hama, penyakit, dan gulma. Salah satu aspek penting dari perkembangan modern dalam perlindungan tanaman adalah penggunaan biopestisida dan mikroorganisme untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Penelitian oleh Fernandez-Cornejo dan McBride (2002) menyoroti pentingnya adopsi tanaman bioengineered yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Selain itu, penelitian tentang penggunaan mikroba seperti bakteri dan fungi sebagai agen pengendali biologis telah menunjukkan potensi besar dalam mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Brown & Perneznny, 2018).

Teknologi sensor jarak jauh dan analisis data telah membuka peluang baru dalam pemantauan dan pengelolaan penyakit tanaman. Dengan menggunakan citra satelit dan drone, petani dapat mengidentifikasi area yang terinfeksi lebih cepat dan dengan lebih akurat, memungkinkan pengendalian yang lebih efektif (Brown & Perneznny, 2018). Ini membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dan efisien dalam upaya pengendalian penyakit tanaman.

Selain itu, perkembangan dalam bidang bioteknologi telah mengarah pada pengembangan tanaman transgenik yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit tertentu. Penerapan teknik rekayasa genetika telah memungkinkan pengembangan varietas tanaman yang memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap faktor-faktor stres biotik, seperti serangan hama dan patogen tanaman (Qaim, 2009).

Meskipun banyak kemajuan telah dicapai dalam perlindungan tanaman modern, masih ada tantangan besar yang perlu diatasi, termasuk keberlanjutan penggunaan pestisida, peningkatan resistensi hama terhadap pestisida, dan perubahan iklim global. Oleh karena itu, penting untuk terus mendorong penelitian dan inovasi dalam perlindungan tanaman untuk memastikan pertanian yang berkelanjutan dan produktif di masa depan.

1.6 Tantangan dan Isu Terkini dalam Perlindungan Tanaman

Perlindungan tanaman menjadi semakin penting dalam konteks pertanian modern, tetapi menghadapi sejumlah tantangan dan isu yang berkembang. Salah satu tantangan utama dalam perlindungan tanaman adalah munculnya hama dan penyakit baru yang resisten terhadap metode kontrol yang ada. Fenomena ini menuntut penelitian terus menerus untuk mengembangkan strategi baru dalam pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, perubahan iklim global juga mempengaruhi persebaran dan perkembangan hama dan penyakit tanaman, sehingga meningkatkan kompleksitas dalam upaya perlindungan tanaman (Brown & Pernezny, 2018).

Isu lain yang perlu diperhatikan adalah keberlanjutan penggunaan pestisida kimia. Penggunaan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, terdapat tekanan untuk mengembangkan metode pengendalian yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan pestisida biologis atau pengendalian hama secara alami (Fernandez-Cornejo & McBride, 2002).

Selain itu, isu etika juga menjadi perhatian dalam perlindungan tanaman modern. Penggunaan teknologi rekayasa genetika untuk mengembangkan tanaman transgenik menimbulkan pertanyaan tentang keamanan pangan, hak kekayaan intelektual, dan dampak jangka panjang terhadap ekosistem alami (Qaim, 2009). Perlu ada keseimbangan antara kemajuan teknologi dan pertimbangan etika serta keberlanjutan dalam penggunaan teknologi ini.

Dalam menghadapi tantangan dan isu terkini ini, penting bagi para ilmuwan, petani, dan pembuat kebijakan untuk bekerja sama dalam mencari solusi yang berkelanjutan. Kolaborasi lintas disiplin ilmu dan penggunaan pendekatan holistik dalam pengelolaan pertanian diperlukan untuk mengatasi tantangan kompleks dalam perlindungan tanaman.

1.7 Outlook untuk Masa Depan Perlindungan Tanaman

Masa depan perlindungan tanaman menawarkan berbagai tantangan dan peluang yang perlu diatasi dengan solusi inovatif dan berkelanjutan. Salah satu aspek yang menjanjikan adalah penggunaan teknologi sensor dan analisis data yang terus berkembang dalam pemantauan dan pengelolaan penyakit tanaman. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan dan teknik pemrosesan data canggih, petani dapat memantau kondisi tanaman secara real-time dan merespons dengan cepat terhadap ancaman hama dan penyakit (Brown & Pernezny, 2018).

Selain itu, pengembangan tanaman yang tahan terhadap stres biotik dan abiotik melalui teknologi rekayasa genetika menjanjikan potensi besar dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama, penyakit, dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Qaim, 2009). Namun, dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global, pendekatan yang holistik dan berkelanjutan diperlukan untuk memastikan keberlanjutan praktik pertanian.

Selain teknologi, kolaborasi lintas sektor dan pembangunan kapasitas lokal akan menjadi kunci dalam merumuskan solusi yang efektif dalam perlindungan tanaman di masa depan. Pendidikan dan pelatihan petani dalam praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan serta penelitian yang berkelanjutan dalam pengembangan metode pengendalian tanaman yang ramah lingkungan akan menjadi penting.

Dengan demikian, melihat ke masa depan, penting untuk terus mendorong inovasi teknologi, kolaborasi lintas sektor, dan pendekatan berkelanjutan dalam upaya menjaga keberlanjutan dan produktivitas pertanian melalui perlindungan tanaman yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, L. M. (2003). *Ancient Egyptian Agriculture*. University of Texas Press.
- Brown, L. M., & Pernezny, K. (2018). Remote Sensing in Plant Disease Management: Present Status and Future Directions. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 575–596. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045935>
- Fernandez-Cornejo, J., & McBride, W. D. (2002). The Adoption of Bioengineered Crops. *Agricultural Economics*, 27(2), 193–204. <https://doi.org/10.1111/1467-8276.00256>
- Geissler, G. (2002). *Food, Plants and Drugs: Non-Dietary Medicinal Plants*. Springer Science & Business Media.
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>.
- Rahayu, S., & Setiawan, A. (2020). *Pengendalian Organisme Pengganggu dalam Pertanian Modern*. *Jurnal Perlindungan Tanaman*, 15(2), 45-58.
- Smith, J. D., & Johnson, A. B. (2018). *Modern Approaches to Plant Protection*. *Journal of Agricultural Science*, 25(3), 102-115.
- Tracy, J. (2016). *Handbook to Life in Ancient Greece*. Oxford University Press.
- Qaim, M. (2009). The Economics of Genetically Modified Crops. *Annual Review of Resource Economics*, 1(1), 665–694. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144203>

BAB 2

PERMASALAHAN

PERLINDUNGAN TANAMAN

Oleh Nurmujahidin

2.1 Pendahuluan

Komponen penting dari sistem pertanian kontemporer adalah perlindungan tanaman. Mempertahankan hasil pertanian menjadi semakin sulit seiring dengan pertumbuhan populasi dunia dan meningkatnya kebutuhan pangan. Ketahanan pangan dapat dipengaruhi oleh kehilangan hasil panen yang besar akibat hama, penyakit, dan gulma (Agrios, 2005). Perlindungan tanaman yang efektif memastikan hasil panen yang berkualitas tinggi serta mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Pimentel, 2007).

Lebih jauh lagi, kerugian akibat penyakit pertanian memiliki dampak ekonomi yang luas selain berdampak pada petani. Risiko keamanan pangan, biaya pangan yang lebih tinggi, dan penurunan pendapatan petani dapat terjadi akibat penyakit tanaman (Savary et al., 2019). Oleh karena itu, di banyak negara, termasuk Indonesia, upaya untuk mengelola penyakit dan hama secara efisien menjadi prioritas utama.

Dengan beragamnya agroekosistem dan varietas tanaman yang ada di Indonesia, ketahanan tanaman menimbulkan kesulitan tersendiri. Untuk mengatasi masalah ini, strategi berbasis ekosistem dan adaptif sangatlah penting (Pretty et al., 2010). Konsep dasar perlindungan tanaman mencakup pengelolaan yang sistematis terhadap berbagai ancaman tanaman, termasuk hama, penyakit, dan gulma. Perlindungan tanaman bertujuan untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif gangguan tersebut terhadap produktivitas tanaman dengan cara yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Agrios, 2005).

Perlindungan tanaman melibatkan interaksi kompleks antara tanaman, patogen, dan lingkungan, di mana perubahan iklim dapat memengaruhi epidemi penyakit dan keberadaan hama. Oleh karena itu, strategi pengelolaan harus mempertimbangkan faktor lingkungan dan sosial-ekonomi. Prinsip dasarnya meliputi pencegahan (rotasi tanaman, varietas tahan, dan pengelolaan tanah), pemantauan (deteksi dini), serta pengendalian (agen hayati, pestisida, dan metode mekanis). Tujuan utama dari pendekatan ini adalah menjaga keseimbangan antara produktivitas pertanian dan kelestarian lingkungan.

Dalam praktiknya, perlindungan tanaman menghadapi berbagai tantangan, mulai dari resistensi hama dan patogen terhadap pestisida, dampak negatif penggunaan bahan kimia sintetis, hingga perubahan iklim yang mengubah dinamika populasi OPT. Selain itu, perdagangan global turut berperan dalam penyebaran

patogen invasif, yang meningkatkan risiko wabah penyakit tanaman di berbagai wilayah (Anderson et al., 2004).

Indonesia menghadapi berbagai permasalahan dalam perlindungan tanaman yang disebabkan oleh kondisi agroekosistem yang beragam dan praktik pertanian tradisional yang masih banyak diterapkan. Salah satu masalah utama adalah serangan hama dan penyakit yang sering kali sulit dikendalikan akibat rendahnya pengetahuan dan akses terhadap teknologi modern (Savary et al., 2019; Agrios, 2005). Hama seperti wereng coklat pada padi dan penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit adalah contoh kasus yang sering terjadi (Dent, 1991).

Selain itu, penggunaan pestisida yang tidak bijak menjadi tantangan serius dalam perlindungan tanaman. Penggunaan yang berlebihan atau tidak tepat tidak hanya menyebabkan resistensi pada hama tetapi juga mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan manusia (Pimentel, 2007). Oleh karena itu, pengelolaan pestisida yang bertanggung jawab menjadi salah satu prioritas dalam upaya meningkatkan sistem perlindungan tanaman (Strange & Scott, 2005).

Permasalahan lain yang dihadapi adalah dampak perubahan iklim terhadap pola serangan hama dan penyakit. Perubahan suhu dan kelembaban dapat menciptakan kondisi yang lebih mendukung bagi perkembangan patogen dan hama tertentu (Oerke, 2006; Godfray et al., 2010). Untuk itu, diperlukan pendekatan yang fleksibel dan berbasis riset dalam menghadapi tantangan ini. Langkah-langkah seperti peningkatan kapasitas petani, penguatan sistem penyuluhan, dan

pengembangan teknologi lokal menjadi kunci keberhasilan dalam mengatasi permasalahan perlindungan tanaman di Indonesia (Savary et al., 2019).

2.2 Serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Salah satu tantangan terbesar dalam upaya perlindungan Tanaman adalah adanya serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). OPT terdiri dari hama, patogen penyebab penyakit, dan gulma yang dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman serta menurunkan nilai ekonomi secara drastis. Serangan OPT dapat menyebabkan gagal panen bagi petani yang berujung pada ketidakstabilan ketahanan pangan global.

Dampak serangan OPT yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti menurunnya produktivitas pertanian, meningkatnya biaya produksi akibat penggunaan pestisida, serta dampak lingkungan akibat ketidakseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, strategi pengendalian terpadu, termasuk penggunaan varietas tahan, pengendalian hayati, serta teknologi deteksi dini, menjadi solusi utama dalam mengatasi permasalahan ini.

2.2.1 Hama

Hama termasuk dalam kategori organisme pengganggu tanaman (OPT) yang dapat merusak tanaman dan menimbulkan kerugian akibat aktivitasnya. Serangan hama bisa terjadi sejak fase benih hingga pascapanen,

termasuk hama yang menyerang dalam penyimpanan (hama gudang). Dalam pengertian yang luas, hama mencakup segala bentuk gangguan yang berpotensi menimbulkan kerusakan dan kerugian, baik bagi manusia, ternak, maupun tanaman. Sementara itu, dalam pengertian yang lebih sempit, hama merujuk pada berbagai jenis hewan yang mengganggu proses budidaya tanaman, menyebabkan kerusakan, dan berdampak pada penurunan hasil produksi secara ekonomis.

Sejak proses domestikasi tanaman sekitar 10.000 tahun yang lalu, tanaman pangan terus menghadapi ancaman dari berbagai jenis hama yang berkontribusi terhadap hilangnya hasil panen. Kehilangan ini sering kali berujung pada kelaparan dan ketidakstabilan sosial. Secara global, diperkirakan antara 10 hingga 28 persen produksi tanaman mengalami kerusakan akibat serangan hama (Savary et al., 2019).

Savary et al. (2019) mencatat kerugian akibat 137 jenis patogen dan hama yang menyerang tanaman utama seperti gandum, beras, jagung, kentang, dan kedelai di seluruh dunia. Perkiraan kehilangan hasil bervariasi, dengan beras mengalami kerugian tertinggi (30,0%), diikuti jagung (22,5%), gandum (21,5%), kedelai (21,4%), dan kentang (17,2%). Kerugian ini paling parah terjadi di wilayah dengan ketahanan pangan rendah, pertumbuhan populasi cepat, serta tingginya kemunculan atau kemunculan kembali hama dan penyakit. Studi ini menekankan pentingnya memahami perbedaan dampak patogen dan hama antarwilayah untuk memprioritaskan pengelolaan

kesehatan tanaman demi keberlanjutan agroekosistem dan ketahanan pangan.

Menurut laporan Food and Agriculture Organization (FAO) tahun 2021, serangan hama dan penyakit tanaman menyebabkan penurunan produksi pertanian global hingga 40 persen. Setiap tahunnya, kerugian ekonomi global akibat penyakit tanaman diperkirakan melebihi 220 miliar dolar. Selain itu, serangga invasif juga berkontribusi terhadap kerugian tambahan yang mencapai 70 miliar dolar.

Salah satu kelompok hama yang paling merugikan adalah serangga. Contohnya adalah ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*), yang menyerang berbagai jenis tanaman, termasuk jagung dan padi. Serangga ini dikenal dengan daya adaptasinya yang tinggi serta kemampuannya dalam merusak tanaman secara cepat, terutama dalam fase pertumbuhan vegetatif dan generatif (Prabaningrum et al., 2021). Selain itu, beberapa serangga juga bertindak sebagai vektor penyakit tanaman, seperti kutu daun yang menyebarkan virus tanaman.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan spesies hama invasif yang baru ditemukan di Indonesia, pertama kali dilaporkan pada tahun 2019 di Pasaman Barat, Sumatera Barat (Nonci et al. 2019). Pada tahun yang sama, hama ini juga terdeteksi di Lampung (Trisyono et al. 2019), Sumatera Barat, Banten, dan Jawa Barat (Sartiarni et al. 2020). Seiring waktu, penyebarannya semakin luas ke berbagai wilayah di Indonesia, termasuk Sumatera Selatan (Herlinda et al. 2021), Yogyakarta (Nurkomar et al. 2021), Jawa Timur

(Rizali et al. 2021; Afandhi et al. 2022), Lombok (Supeno et al. 2021), Bali (Supartha et al. 2021), Nusa Tenggara Timur (Mukkun et al. 2021), dan Sulawesi (Vebryanti et al. 2023).

Hama ini memiliki kemampuan bertahan hidup dengan baik pada tanaman jagung dan mampu beradaptasi di lingkungan barunya, sehingga berpotensi mengancam produktivitas tanaman jagung (Hutasoit et al. 2020). Selain jagung, larva *S. frugiperda* juga menyerang tanaman pangan lain, seperti padi, ubi kayu, ubi jalar, dan kacang tanah (Herlinda et al. 2022) di Indonesia. Serangan larva pada tanaman jagung tercatat dengan rata-rata 1,26–3 individu per tanaman dan tingkat serangan berkisar antara 60,12% hingga 87,05% (Kalqutny et al. 2021).

Tabel 2. 1. Perkiraan kehilangan hasil tanaman pertanian di dunia akibat serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Jenis Tanaman	Kehilangan Hasil	Penyebab	Sumber
Tanaman Pangan (Global)	Hingga 40%	Serangan hama dan penyakit tanaman	FAO, 2021
Seluruh tanaman pertanian	> 220 miliar dolar/tahun	Penyakit tanaman	FAO, 2021
Seluruh tanaman pertanian	70 miliar dolar/tahun	Serangga invasif	FAO, 2021

2.2.2 Penyakit

Penyakit tanaman merupakan salah satu faktor utama yang dapat menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penyakit ini dapat disebabkan oleh berbagai agen patogen seperti jamur, bakteri, virus, dan nematoda. Selain itu, faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, serta kondisi tanah juga dapat berperan dalam penyebaran dan perkembangan penyakit Tanaman.

Dalam dunia pertanian, penyakit tanaman menjadi tantangan besar bagi petani karena dapat menyebabkan penurunan hasil panen yang signifikan. Beberapa penyakit yang umum ditemukan di berbagai jenis tanaman meliputi busuk akar, bercak daun, karat daun, dan mosaik virus (Brown & Williams, 2018). Penyebaran penyakit ini dapat terjadi melalui berbagai cara, seperti angin, air, serangga, atau kontak langsung antara tanaman yang terinfeksi dengan yang sehat (Garcia et al., 2020).

Kehilangan hasil panen padi di Indonesia akibat serangan penyakit masih tergolong tinggi. Salah satu masalah utama yang dihadapi saat ini adalah penyakit busuk bulir bakteri yang disebabkan oleh *Burkholderia glumae*, yang dapat menular melalui benih. Secara umum, infeksi bakteri ini sering disebut dengan berbagai istilah seperti hawar malai (*panicle blight*), busuk bulir (*grain rot*), busuk pelepah (*sheath rot*), dan hawar benih (*seedling blight*). Gejala khas yang muncul meliputi perubahan warna pada bulir padi yang bergradasi dari cokelat hingga hitam. Jika infeksi pada malai cukup parah, bakteri ini dapat menyebabkan bulir menjadi hampa atau mengalami aborsi.

Infeksi *Burkholderia glumae* dapat menyebabkan kehilangan hasil panen hingga 40%, dan dalam kondisi tertentu, seperti suhu malam yang hangat, kelembapan tinggi, serta curah hujan yang besar selama musim tanam, kerugian ini bisa meningkat hingga 75% (Lu *et al.* 2014; Joko 2017). Penyakit ini pertama kali terdeteksi di Indonesia pada tahun 1989 (Mogi *et al.* 1989) dan kembali dilaporkan pada tahun 2015 di beberapa daerah, termasuk Jawa, Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi (Baharuddin 2017; Joko 2017). Sejak tahun 2015, serangan *B. glumae*, yang menyebabkan busuk bulir bakteri, semakin sering ditemukan di wilayah-wilayah utama penghasil beras nasional serta pada berbagai varietas padi komersial (Wiyono *et al.* 2017).

Upaya pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan dengan berbagai metode, baik secara mekanis, kimiawi, maupun biologi. Penggunaan pestisida, rotasi tanaman, pemilihan varietas unggul yang tahan penyakit, serta penerapan teknik budidaya yang baik merupakan beberapa strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak penyakit tanaman.

Pemahaman yang baik mengenai jenis-jenis penyakit tanaman, gejala yang ditimbulkan, serta cara penanggulangannya sangat penting bagi petani dan pelaku agribisnis. Dengan demikian, pengelolaan tanaman yang lebih efektif dapat dilakukan untuk meningkatkan hasil pertanian serta menjaga keberlanjutan lingkungan (Anderson & Clark, 2019).

2.2.3 Gulma

Gulma merupakan tanaman liar yang tumbuh di lahan pertanian dan bersaing dengan tanaman budidaya dalam mendapatkan unsur hara, air, dan cahaya matahari. Keberadaan gulma yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan hasil panen dan meningkatkan biaya produksi akibat kebutuhan tambahan dalam pengendalian gulma.

Jenis-jenis gulma yang sering ditemukan di lahan pertanian bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis tanaman budidaya. Beberapa gulma utama yang menjadi permasalahan dalam pertanian antara lain *Echinochloa crus-galli* (rumput teki), *Imperata cylindrica* (alang-alang), dan *Amaranthus spinosus* (bayam duri). Gulma ini memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi serta daya saing yang kuat terhadap tanaman budidaya (Reddy, C., 2018).

Pengendalian gulma dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti mekanis, kimiawi, dan biologis. Pengendalian mekanis meliputi penyiangan manual dan penggunaan alat pertanian, sedangkan pengendalian kimiawi dilakukan dengan penggunaan herbisida selektif maupun non-selektif. Selain itu, pengendalian biologis dengan memanfaatkan musuh alami gulma seperti serangga dan mikroorganisme juga mulai dikembangkan sebagai metode yang lebih ramah lingkungan. Efektivitas pengelolaan gulma bergantung pada strategi yang digunakan serta integrasi berbagai metode pengendalian. Pendekatan pengelolaan gulma secara terpadu dapat membantu mengurangi dampak negatif gulma terhadap

produktivitas pertanian serta meminimalkan penggunaan bahan kimia yang berpotensi merusak lingkungan (David P. Horvath, et al. 2023).

2.3 Resistensi Hama, Gulma dan Patogen

Resistensi pestisida adalah kemampuan warisan suatu hama (gulma, patogen, serangga, tungau, dll.) untuk bertahan hidup dan berkembang biak setelah aplikasi pestisida yang biasanya mematikan. Resistensi ini muncul karena adanya keragaman genetik dalam populasi hama, bukan akibat penyemprotan pestisida itu sendiri. Penggunaan pestisida yang berulang dengan mekanisme kerja yang sama akan menyeleksi individu-individu yang memiliki gen resistensi, sehingga populasi akan beralih dari mayoritas rentan menjadi mayoritas resisten. Dalam beberapa kasus, jika tekanan seleksi dari pestisida dihilangkan, populasi bisa kembali menjadi rentan, terutama jika terdapat biaya biologis (fitness cost) yang menyebabkan individu resisten kurang kompetitif dibandingkan individu rentan. Namun, dalam banyak kasus, resistensi tetap stabil meskipun pestisida tidak lagi digunakan (USDA, 2024; FRAC, 2024; WSSA, 2024).

Hama yang resisten dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang besar bagi petani, baik melalui kehilangan hasil panen langsung maupun meningkatnya biaya pengendalian. Resistensi pestisida juga membatasi pilihan pengendalian hama dan membuat strategi manajemen lebih kompleks. Karena pengembangan pestisida baru membutuhkan waktu dan biaya yang besar, penggunaan

pestisida harus dilakukan secara bijak sebagai bagian dari Pengelolaan Hama Terpadu (PHT). Beberapa faktor meningkatkan risiko resistensi, seperti siklus hidup pendek, generasi yang banyak dalam satu musim, serta sistem produksi tertutup seperti rumah kaca yang membatasi migrasi individu rentan.

Resistensi dapat terjadi melalui dua mekanisme utama: resistensi silang dan resistensi ganda. Resistensi silang terjadi ketika satu mekanisme resistensi menyebabkan ketidakmampuan semua pestisida dalam kelompok kerja yang sama untuk bekerja, misalnya fungisida strobilurin (FRAC grup 11). Sementara itu, resistensi ganda terjadi ketika hama mengembangkan resistensi terhadap beberapa kelompok pestisida dengan mekanisme kerja yang berbeda, seperti kasus gulma waterhemp di Ontario yang telah resisten terhadap empat kelompok herbisida berbeda. Untuk mengurangi risiko resistensi, petani harus menerapkan rotasi pestisida dengan berbagai mekanisme kerja serta mengintegrasikan metode non-kimia dalam pengendalian hama (USDA, 2024; FRAC, 2024; WSSA, 2024).

2.4 Perubahan Iklim

Perubahan iklim berdampak langsung terhadap pola sebaran patogen dan hama. Kenaikan suhu global memungkinkan beberapa hama dan patogen yang sebelumnya terbatas pada daerah tropis untuk menyebar ke wilayah dengan iklim lebih sejuk. Misalnya, kutu kebul (*Bemisia tabaci*), yang sebelumnya hanya ditemukan di

daerah hangat, kini telah menyebar ke daerah beriklim sedang akibat meningkatnya suhu global (Carletto et al., 2021). Perubahan pola hujan dan suhu juga dapat mempercepat siklus hidup hama dan meningkatkan jumlah generasi per tahun, yang pada akhirnya meningkatkan intensitas serangan terhadap tanaman.

Suhu dan kelembaban memainkan peran penting dalam infeksi penyakit tanaman. Banyak patogen tanaman, seperti jamur *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun pada kentang, berkembang lebih cepat dalam kondisi lembab dan hangat (Skelsey et al., 2018). Selain itu, peningkatan kelembaban dapat memperpanjang masa infeksi patogen karena tanaman tetap basah lebih lama, menciptakan kondisi ideal bagi spora patogen untuk berkecambah dan menyerang jaringan tanaman.

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim terhadap perlindungan tanaman, diperlukan strategi adaptasi yang efektif. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap stres lingkungan dan penyakit (Velásquez et al., 2020). Selain itu, sistem pertanian berkelanjutan, seperti agroforestri dan diversifikasi tanaman, dapat membantu mengurangi risiko penyebaran hama dan penyakit dengan menciptakan lingkungan yang lebih seimbang secara ekologi. Teknologi juga memainkan peran penting dalam adaptasi, misalnya dengan pemanfaatan model prediksi berbasis kecerdasan buatan untuk memantau dan mengantisipasi serangan OPT akibat perubahan iklim.

2.5 Pengetahuan Petani

Pengetahuan petani mengenai perlindungan tanaman sangat menentukan keberhasilan pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Pemahaman yang baik mengenai identifikasi hama, penyakit, serta metode pengendaliannya dapat meningkatkan efektivitas tindakan perlindungan tanaman. Sayangnya, keterbatasan akses terhadap informasi dan pelatihan sering kali menjadi kendala utama dalam penerapan praktik perlindungan tanaman yang tepat.

Adopsi teknologi pertanian modern masih rendah di beberapa daerah karena kurangnya pemahaman dan keterampilan dalam menggunakan alat dan metode baru. Misalnya, penerapan sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang mengombinasikan berbagai teknik pengendalian masih belum optimal karena kurangnya sosialisasi dan dukungan bagi petani. Oleh karena itu, program penyuluhan dan pendampingan yang berkelanjutan sangat diperlukan.

Keputusan petani dalam penggunaan pestisida juga sangat dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan mereka. Banyak petani yang masih bergantung pada pestisida kimia tanpa mempertimbangkan dosis dan dampaknya terhadap lingkungan (Sharma et al., 2020). Pelatihan yang lebih intensif mengenai penggunaan pestisida yang bijak dan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan sangat dibutuhkan.

Pendidikan dan pelatihan petani dapat ditingkatkan melalui berbagai metode, termasuk sekolah lapang, pelatihan berbasis komunitas, serta pemanfaatan teknologi digital seperti aplikasi pertanian pintar (Ashoka P. et al, 2023). Dengan meningkatnya akses terhadap informasi dan teknologi, diharapkan petani dapat lebih adaptif dalam menghadapi tantangan perlindungan tanaman.

2.6 Perdagangan Global dan Penyebaran Patogen Invasif

Perdagangan global telah meningkatkan mobilitas tanaman dan produk pertanian, yang berkontribusi pada penyebaran patogen invasif dan hama baru ke berbagai wilayah. Perpindahan tanaman antarnegara dapat membawa OPT yang sebelumnya tidak ditemukan di suatu daerah, menyebabkan epidemi penyakit baru yang sulit dikendalikan. Contohnya adalah penyebaran *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, patogen penyebab penyakit Panama pada pisang, yang menyebar secara global melalui perdagangan bahan tanam dan tanah yang terkontaminasi (Dita et al., 2018).

Untuk mencegah masuknya OPT baru, berbagai negara menerapkan regulasi karantina yang ketat. Langkah-langkah seperti inspeksi di pelabuhan, pembatasan impor tanaman berisiko tinggi, serta penggunaan metode deteksi molekuler menjadi bagian penting dari sistem pencegahan penyebaran patogen invasif (EFSA, 2019). Selain itu, peningkatan kesadaran petani dan pelaku industri pertanian mengenai risiko OPT invasif juga menjadi

langkah strategis dalam mengurangi ancaman terhadap produksi pertanian global.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandhi A, Fernando I, Widjayanti T, Maulidi AK, Radifan HI, Setiawan Y. 2022. Impact of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), invasion on maize and the native *Spodoptera litura* (Fabricius) in East Java, Indonesia, and evaluation of the virulence of some indigenous entomopathogenic fungus. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 32:1–8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00541-7>.
- Agricultural Research Service, USDA. (2024). Pesticide Resistance Management Strategies.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th Edition). Elsevier Academic Press.
- Anderson, R., & Clark, M. (2019). *Plant Disease Management: Strategies and Practices*. Oxford University Press.
- Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R., & Daszak, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: Pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(10), 535-544.
- Ashoka P. et al, 2023. Enhancing Agricultural Production with Digital Technologies: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change* 13(9):409-422. DOI: [10.9734/IJECC/2023/v13i9225](https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i9225)

- Baharuddin, Harniati R, Faisal F, Yani A, Suparmi, Hamid H, Kuswinanti T, Jahuddin R. 2017. Keberadaan penyakit busuk bulir (*Burkholderia glumae*) pada tanaman padi di Sulawesi Selatan. Di dalam: Di dalam: Prosiding Simposium Nasional Fitopatologi di Indonesia “Kemunculan Penyakit Baru dan Impor Benih; 2017 Jan 10; Bogor (ID): Departemen Proteksi Tanaman, IPB University. hlm 19-26.
- Brown, J., & Williams, T. (2018). *Agricultural Plant Pathology: An Overview*. Cambridge University Press.
- Carletto, J., Martin, T., Duménil, C., & Brévault, T. (2021). *Global warming and the expansion of Bemisia tabaci: Ecological and agricultural implications*. Journal of Pest Science, 94(3), 567-578.
- David P. Horvath, et al. 2023. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. Trends in Plant Science. Vol. 28, No. 5 <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.12.014>.
- Dent, D. (1991). *Insect Pest Management*. CAB International.
- Dita, M. A., et al. (2018). Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1468.
- EFSA (2019). Pest risk assessment of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4. *EFSA Journal*, 17(7), e05778.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). The State of Food Security and Nutrition in the World 2021.
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2024). Fungicide Classification and Resistance Management.
- Garcia, P., Jones, D., & Lee, S. (2020). *The Impact of Plant Diseases on Crop Yield*. Journal of Agricultural Research, 15(3), 45-60.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., et al. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Herlinda S., Simbolon I.M.P., Hasbi Suwandi, S Suparman (2022). Host plant species of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* 10. 1088/1755-1315/995/1/012034.
- Joko T. 2017. Burkholderia glumae sebagai emerging pathogen: status, potensi kerusakan, dan strategi pengendalian. Di dalam: Prosiding Simposium Nasional Fitopatologi di Indonesia “Kemunculan Penyakit Baru dan Impor Benih; 2017 Jan 10; Bogor (ID): Departemen Proteksi Tanaman, IPB University. hlm 27-35.
- Kalqutny S, H, Nonci N & Muis A. 2021. The incidence of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (FAW) (Lepidoptera: Pyralidae), a newly invasive corn pest in Indonesia. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 911(1):012056.

- Lu W, Pan L, Zao H, Jia Y, Wang Y, Yu X, Wang X. 2014. Molecular detection of *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzicola*, and *Burkholderia glumae* in infected rice seeds and leaves. *The Crop Journal*. 2(6):398–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.06.005>.
- Mogi S, Wibowo BS, Zainuddin S. 1989. Laporan awal bacterial grain rot (*Pseudomonas glumae*) pada padi di Indonesia. Di dalam: Prosiding Kongres Nasional X dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia; 1989 Nov 14; Denpasar (ID): Perhimpunan Fitopatologi Indonesia.
- Mukkun L, Kleden YL, Simamora AV. 2021. Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *International Journal of Tropical Drylands*. 5:20–26. DOI: <https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t050104>.
- Nonci N, Kalgutny SH, Mirsam H, Muis A, Azrai M, Aqil M. 2019. Pengenalan Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Serealia. Vol. 73. Maros: Balai Penelitian Tanaman Serealia.

- Nurkomar I, Putra III, Buchori D, Setiawan F. 2024. Association of a global invasive pest *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) with local parasitoids: Prospects for a new approach in selecting biological control agents. *Insects*. 15:1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15030205>.
- Oerke, E. C. (2006). Crop Losses to Pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Pimentel, D. (Ed.). (2007). *Encyclopedia of Pest Management*. CRC Press.
- [Prabaningrum, Laksmiwati, Moekasan, Toni Koestoni](#). 2021. Ulat Grayak, *Spodoptera* spp.: Hama Polifag, Bioekologi dan Pengendaliannya. IAARD Press.
- Pretty, J., Toulmin, C., & Williams, S. (2010). Sustainable Intensification in African Agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 5-24.
- Rimma Ita Hutasoit, Mohammad Chozin , Nanik Setyowati. 2020. Pertumbuhan Dan Hasil Delapan Genotipe Jagung Manis Yang Dibudidayakan Secara Organik Di Lahan Rawa Lebak. *JIPi*. 22(1), 45-51.
- Rizali A, Oktaviyani, Putri SDPS, Doananda M, Linggani A. 2021. Invasion of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new invasive pest, alters native herbivore attack intensity and natural enemy diversity. *Biodiversitas*. 22:3482–3488. DOI: <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220847>.
- Reddy, C. (2018). *Weed management in agriculture: Principles and practices*. Springer.

- Rodriguez, L., & Kim, Y. (2018). *Common Weeds and Their Impact on Crop Yields*. *Weed Science Review*, 23(2), 130-145.
- Sartiami D, Dadang, Harahap IS, Kusumah YM, Anwar R. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 468:012021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>.
- Savary, S., Ficke, A., Aubertot, J. N., & Hollier, C. (2019). Crop Losses Due to Diseases and Pests. *Global Food Security*, 23, 18-28.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., ... & Bali, A. S. (2020). *Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(7), 885-902.
- Skelsey, P., Rossing, W. A. H., Kessel, G. J. T., & Van der Werf, W. (2018). *Modelling the impact of climate variability on Phytophthora infestans epidemics in potato crops*. *European Journal of Plant Pathology*, 150(2), 371-381.
- Strange, R. N., & Scott, P. R. (2005). Plant Disease: A Threat to Global Food Security. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 83-116.

- Trisyono YA, Suputa S, Aryuwandari VEF, Hartaman M, Jumari J. 2019. Occurrence of heavy infestation by the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new alien invasive pest, in corn Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23:156–160. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.46455>.
- Supeno B, Tarmizi, Haryanto H, Ernawati NML. 2021. Parasitoid of fall armyworm larvae, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on mize at Lombok Island. *Proceeding International Conference on Science and Technology*. 2:460–466.
- Vebryanti A, Daud ID, Dungga NE. 2023. Damage caused by *Spodoptera frugiperda* J.E Smith on corn in climate zones in South Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1255:1–8. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1255/1/012011>.
- Velásquez, A. C., Castroverde, C. D. M., & He, S. Y. (2020). Plant-pathogen warfare under changing climate conditions. *Current Biology*, 30(17), R859–R863.
- Weed Science Society of America (WSSA). (2024). *Herbicide Site of Action Classification*.

Wiyono S, Giyanto, Mutaqin KH, Hidayat SH, Supramana, Widodo. 2017. Emerging diseases pada tanaman pertanian: strategi dan opsi kebijakan pengendalian. Di dalam: Di dalam: Prosiding Simposium Nasional Fitopatologi di Indonesia “Kemunculan Penyakit Baru dan Impor Benih; 2017 Jan 10; Bogor (ID): Departemen Proteksi Tanaman, IPB University. hlm 8-15.

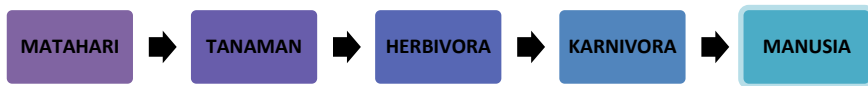
BAB 3

JENIS-JENIS PENGGANGGU TANAMAN

Oleh Sri Sukmawati

3.1 Pengertian Organisme Pengganggu Tanaman

Dalam agroekosistem terdapat suatu sistem interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya, dimana terjadi pemindahan energi, perubahan energi dan pengembangan energi dari komponen interaksi keduanya, sehingga membentuk struktur jaringan makanan dan siklus-siklus bahan dalam sistem interaksi itu sendiri secara terus-menerus. Matahari salah satu sumber energi, berpindah dan berubah melalui proses fotosintesis pada tanaman yang memiliki zat hijau daun menjadi energi kimiawi dalam bentuk senyawa-senyawa yang dibutuhkan tanaman seperti karbohidrat, lemak, protein, dan senyawa-senyawa lainnya. Tanaman yang mengandung senyawa tersebut menjadi sumber energi yang dibutuhkan organisme lainnya melalui proses rantai makanan atau jaring-jaring makanan antara satu organisme dengan organisme. Dalam proses rantai makanan dari satu sumber makanan ke sumber berikutnya, dapat dilihat dari skema ilustrasi rantai makanan dalam agroekosistem. (Gambar 3.1).



Gambar 3. 1. Rantai Makanan dalam Ekosistem Pertanian

(Sumber : Sembel,2012)

Keseimbangan rantai makanan dalam agroekosistem perlu diperhatikan agar tidak terjadi kesenjangan dalam kehidupan makhluk hidup baik itu tanaman, herbivora, karnivora dan manusia. Kesenjangan yang dikhawatirkan bisa mengakibatkan punah maupun ledakan populasi dari salah satu makhluk hidup. Akibat dari punahnya maupun ledakan populasi dapat menyebabkan gangguan, kerusakan dan kerugian dalam agroekosistem.

Gangguan dalam agroekosistem yang dimaksud adalah setiap perubahan pertanaman yang diharapkan dalam hal pengurangan kualitas dan kuantitas hasil tanaman. Contohnya adanya perubahan bentuk daun akibat aktifitas makan serangga sehingga bentuk daun menjadi berlubang, adanya perubahan warna pada daun berupa bercak atau menguning akibat adanya serangan patogen penyebab penyakit, dan terganggunya pertumbuhan tanaman baik itu tinggi, jumlah daun maupun buah akibat adanya senyawa yang dihasilkan gulma karena terjadinya persaingan dalam memperebutkan unsur hara dan mineral, dan perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh faktor alam. Variasi munculnya gangguan terhadap tanaman tergantung pada faktor-faktor seperti lingkungan yang mendukung terjadinya gangguan, tanaman inang yang rentan, pengganggu tanaman yang

bersifat virulen. Menurut Da Lopes dan Djaelani (2017), menyatakan bahwa pada dasarnya terdapat tiga konsep yang dapat menimbulkan gangguan antara lain:

1. Konsep Segitiga Gangguan

Konsep segitiga gangguan terjadi bila ada interaksi antara Lingkungan (L), inang (I), dan pengganggu (P). Pada lingkungan yang stabil kesimbangannya dengan inang dan pengganggu, seperti halnya pada hutan primer, jarang terjadi gangguan, kecuali ada bencana alam seperti gempa, gunung meletus, banjir dan sebagainya (Da Lopes dan Djaelani, 2017).

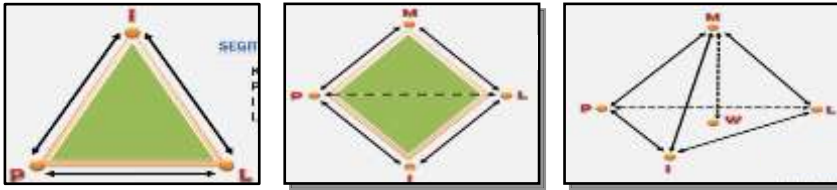
2. Konsep Segiempat Gangguan

Konsep segiempat gangguan terjadi bila ada interaksi antara Lingkungan (L), inang (I), Pengganggu (P), dan Manusia (M) yang memiliki peran dalam menimbulkan gangguan. Manusia berperan dalam merekayasa lingkungan dan tanaman (inang) sehingga terjadi gangguan dalam keseimbangannya. Gangguan ini biasanya terjadi di areal hutan industri, areal pertanian, areal Perkebunan yang lingkungannya relatif tidak stabil. Inangnya homogen, berkualitas tinggi, dan rentan terhadap hama, penyakit dan gulma (Da Lopes dan Djaelani, 2017).

3. Konsep Segilima Gangguan

Konsep segiempat gangguan terjadi bila ada interaksi antara Lingkungan (L), inang (I), Pengganggu (P), Manusia (M), dan Waktu (W) yang memiliki peran dalam menimbulkan gangguan yang bersifat dinamis. Waktu merupakan faktor yang penting dalam

menentukan kapan terjadinya epidemi (Da Lopes dan Djaelani, 2017).



Gambar 3. 2. Segitiga Gangguan, Segiempat Gangguan, Segilimas Gangguan

(Sumber : Da Lopes dan Djaelani, 2017)

Selain gangguan terdapat istilah kerusakan dan kerugian dalam agroekosistem. Kerusakan yang dimaksud ini merupakan setiap pengurangan kualitas dan kuantitas hasil tanaman yang tidak sesuai harapan akibat dari sebuah gangguan. Sedangkan kerugian merupakan dampak pada kualitas dan kuantitas akibat dari ketidakmapuan tanaman untuk memberikan hasil yang cukup. Dengan demikian, kerugian yang terjadi di agroekosistem merupakan hasil dari dampak sosial-ekonomi yang diderita oleh produsen (Petani) maupun konsumen (Pembeli atau masyarakat pengguna hasil tanaman) akibat dari gangguan dan kerusakan sehingga terjadi penurunan kualitas dan kuantitas hasil tanaman.

Kerugian yang dialami terjadi akibat kerusakan tanaman maupun hasil tanaman, yang disebabkan adanya gangguan. Salah satu gangguan yang sering terjadi itu sebabkan oleh aktivitas dari organisme pengganggu tanaman (OPT). Organisme pengganggu tanaman disingkat

OPT adalah organisme yang dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan tanaman baik secara kuantitas maupun kualitas sehingga tanaman mengalami kerusakan, penghambatan pertumbuhan, dan gangguan terberat bisa nmenyebabkan kematian tanaman. Menurut Sembel (2012), berikut pada tabel 3.1 terdapat empat kategori jenis OPT yang dapat menyerang tanaman, antara lain:

Tabel 3. 1, Jenis organisme pengganggu tanaman (OPT)

No	Jenis OPT	Contohnya
1.	Hama Verterbrata	Babi hutan, Tikus, dan Burung.
2.	Hama Invertebrata	Moluska. Tungau, dan Serangga.
3.	Patogen Penyakit	Cendawan, Bakteri, Virus, dan Nematoda
4.	Gulma	Kelompok rerumputan, dan Tumbuhan pengganggu.

Sumber: Sembel (2012)

Dampak kerugian dari segi ekonomi dan segi sosial akibat OPT yang menyerang sangat terlihat secara signifikan. Secara ekonomi, OPT dapat menyebabkan kerugian hasil panen yang besar. Di negara Nigeria, infestasi serangan OPT membatasi produksi sayuran (Ofuya et al., 2023). Begitu juga pada negara Bangladesh dan India, petani tanaman tomat melaporkan kerugian hasil rata-rata 11 ton/ha akibat serangan OPT, dengan 2,1 ton/ha disebabkan oleh *Phthorimaea absoluta* saja (Depenbusch et al., 2023). Pengendalian menggunakan pestisida kimia

untuk mengendalikan OPT menambah beban biaya produksi yang harus tanggung para petani.

3.2 Hama

Hama sebagai salah satu organisme pengganggu tanaman karena aktivitasnya merusak tanaman baik itu pada bagian-bagian tanaman maupun hasil tanaman yang dibudidayakan sehingga dapat menimbulkan kerugian baik secara sosial dan ekonomi, dilihat dari penurunan kualitas dan kuantitas. Hama pada tanaman dikelompokkan menjadi dua (2) kelompok yaitu hama vertebrata dan hama invertebrate atau avertebrata.

3.2.1 Hama Vertebrata

Hama vertebrata merupakan hama dari makhluk hidup atau hewan yang bertulang belakang. Misalnya hewan bertulang belakang dari kelas mamalia seperti tikus, babi hutan, kera; kelas aves yaitu burung; kelas molluska seperti keong, bekicot, dan siput; kelas akarina yaitu tungau.

- a. Hewan dari kelas mamalia : Tikus, Babi hutan, kera ekor panjang, tupai, hama ini memiliki ciri khas seperti betina memiliki kelenjar susu, memiliki rambut-rambut disekujur badannya, dan memiliki tubuh yang berdarah panas (Campbell dan Reece, 2010). Tikus termasuk dalam ordo Rodentia terdiri atas 2 macam yaitu tikus kecil/rumah atau *Mus musculus*, dan tikus sawah (*Rattus argentiventer*), tikus rumah coklat (*Rattus diardi*), tikus rumah coklat (*Rattus norvegicus*), tikus rumah hitam (*Rattus sp.*). Hama tikus meyerang

pertanaman mulai dari pembibitan hingga masa panen, selain itu menyerang hasil tanaman saat di tempat penyimpanan (Jacob dan Tkadlec, 2010). Babi hutan termasuk dalam ordo Artiodactyla. Beberapa jenis babi hutan yaitu *Sus domestica*, *Sus barbatus*, dan *Sus celebensis*. Hama babi hutan ini dapat menyebabkan kerusakan yang parah, karena hama ini termasuk omnivor (pemakan tumbuhan/tanaman dan binatang), pemakan bangkai yang telah membusuk. Gejala serangannya ditandai dengan bekas jejak kaki, tanaman dan bedengan yang rusak, dan bekas menggali tanah. Kera ekor panjang atau *Macaca fascicularis* yang termasuk ordo Primata. Hama kera ini memakan serangga, buah dan biji-bijian yang akan rontok. Dan hama tupai atau bajing dengan nama ilmiah *Callosciurus notatus* dan *Callosciurus nigrovittatus* menyerang buah yang mentah, memakan inti buah yang masih lunak dan hama ini membuat sarang di batang-batang pohon yang tinggi.



Gambar 3. 3. Hama vertebrata dari kelas Mamalia, (a) Kelelawar (*Pteropus vampyrus*); (b) Tikus rumah(*Mus musc*); (c) Babi Hutan (*Sus domestica*); (d) Tikus sawah

(*Rattus argentiventer*); (e) Kera Ekor Panjang (*Macaca fascicularis*); (f) Tupai atau Baging (*Callosciurus notatus*)

(Sumber: <https://www.mediamengajar.com/2018/05/perbedaan-hama-dan-penyakit-pada-tanaman.html>)

- b. Hewan dari kelas Aves : Burung pipit (*Lonchura sp*), gelatik dan emprit (*Padda spp.*), gagak paruh ramping (*Corvus enca*), dan gagak paruh tebal (*Corvus macrorhynchos*) termasuk dalam ordo Paseriformes, hama ini menyerang tanaman secara berkelompok untuk memakan bulir-bulir padi, sehingga tanaman padi mengalami penurunan hasil produksi secara kuantitas (Rukmana dan Saputra, 1997).



Gambar 3. 4. Hama vertebrata dari kelas Aves, (a) Burung chestnut munia (*Lonchura malaka*); (b) burung pipit perut putih (*Lonchura leucogastra*), (c) Burung pipit Munia bersisik (*Lonchura punctulata*), (d) Burung Sparrow pobon eurasia (*Passer montanus*).

Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/opt-tanaman/vertebrata-hama-pertanian/1369-burung-pemakan-padi-lonchura-sp-lainnya>.

3.2.2 Hama Intervertebrata

Hama intervertebrata merupakan hama yang tidak memiliki tulang belakang, akan tetapi memiliki rangka luar untuk melindungi bagian tubuh yang lunak dan termasuk

hewan tingkat rendah. Hama intervertebrata terdiri dari tiga kelompok yaitu kelas Moluska, Acarina, dan Insecta.

- a. Hewan dari Kelas Moluska merupakan golongan hama yang memiliki ciri seperti tidak memiliki tungkai atau kaki, tubuhnya tidak beruas-ruas atau bersegmen dan tubuhnya dilindungi oleh rangka luar yang keras berupa cangkang. Contoh hewan yang termasuk dalam moluska antara lain: Keong emas (*Pomacea caniculata* L.); Bekicot (*Achatina fullica* Bowd.); Siput tanpa cangkang (*Parmarion pupillaris* Humb.).



Gambar 3. 5. Hama intervertebrata dari kelas moluska, (a) Bekicot (*Lonchura malaka*); (b) Telur Bekicot (c) Keong Emas (*Pomacea caniculata* L.) dan Telur; (d) Siput tanpa cangkang (*Parmarion pupillaris* Humb).

Sumber:<https://www.istockphoto.com/id/search/2/imagefilm?page=4&phrase=bekicot%20keongemas%20siput%20foto%20foto>

- b. Hewan dari Kelas Acarina merupakan hama tungau yang memiliki ciri seperti memiliki tungkai, tidak memiliki antena, ukurannya kecil. Hama tungau yang bersifat fitofagus terdiri dari tiga famili yaitu famili Eriophyidae, Tetranychidae, Tarsonemidae. Gejala serangan akibat tungau ditandai oleh adanya gejala bengkak/tumor atau gall, gejala karat pada daun yang terserang, bila serangan parah akan mengakibatkan

tanaman menjadi layu dan gugur (terutama famili Tarsonemidae) (Morgan,1980).

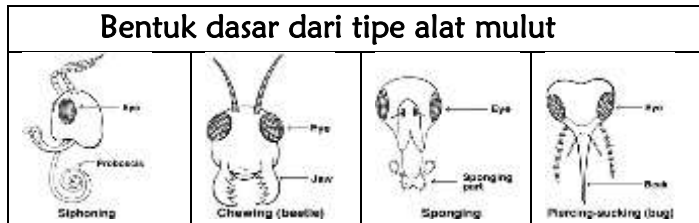


Gambar 3. 6. Hama intervertebrata dari Kelas Acarina, (a) dan (b) famili Eriophyidae dan gejala serangannya; (c) famili Tarsonemidae; (d) dan (e) famili Tetranychidae dan gejala serangannya

Sumber: [https://www.istockphoto.com/id/foto/rumah-debu-tungau-closeup-gm832008744135374001?searchscope=image% 2Cfilm](https://www.istockphoto.com/id/foto/rumah-debu-tungau-closeup-gm832008744135374001?searchscope=image%20film)

- c. Hewan dari Kelas Insekta merupakan hewan yang memiliki spesies terbanyak didunia dan hanya beberapa yang berstatus sebagai hama. Kelas insekta memiliki ciri antara lain tubuhnya terdiri dari 3 bagian yaitu kepala, thoraks, abdomen. Hama dari kelas insekta merupakan hama yang paling banyak merusak atau meyerang tanaman, dimulai dari fase benih tanaman, bibit tanaman, fase generatif, dan fase vegetatif, bahkan merusak hasil produksi tanaman di penyimpanan (pascapanen). Bagian tanaman yang terserang meliputi akar, batang, cabang, daun, bunga, pucuk, dan buah (sembel, 2012).

Gejala serangan yang ditimbulkan oleh hama dari kelas ini tergantung dari tipe alat mulutnya, terdapat 7 tipe alat mulut, antara lain: (1) Tipe menggigit-mengunyah (*biting-chewing type*); (2) Tipe Memotong-menyerap (*Cutting-sponging type*); (3) Tipe Meyerap (*Sponging type*); (4) Tipe Mengisap dengan tabung (*Siphoning type*); (5) Tipe Menusuk-mengisap (*Piercing-sucking type*); (6) Tipe Menguyah-melipat (*Chewing-lapping type*); dan (7) Tipe Merobek-mengisap (*Rasping-sucking type*) (Sembel, 2012).



Gambar 3. 7. Bentuk-Bentuk Dasar Tipe Alat Mulut Serangga Hama

Sumber: Ramel, <https://earthlife.net/what-is-an-insect/anatomy/>

Hama kelas insekta atau hexapoda terbagi atas beberapa ordo, seperti ordo Coleoptera, ordo Lepidoptera, ordo Orthoptera, ordo Isoptera, ordo Hemiptera, ordo Homoptera, ordo Diptera, dan ordo Thysanoptera (Bondang *et al*, 2022).



Gambar 3. 8. Hama kelas Insekta, ordo Coleoptera.

Sumber:https://mplk.politanikoe.ac.id/images/gambar/Ordo_Serangga/Dewasa_Coleoptera001.png



Gambar 3. 9. Hama kelas Insekta, ordo Lepidoptera.

Sumber:https://mplk.politanikoe.ac.id/images/gambar/Ordo_Serangga/Dewasa_Lepidoptera_001.png



Gambar 3. 10. Hama kelas Insekta, ordo Orthoptera.

Sumber:https://mplk.politanikoe.ac.id/images/gambar/Ordo_Serangga/Dewasa_Orthoptera_001.png



Gambar 3. 11. Hama kelas Insekta, ordo Homoptera

Sumber:https://mplk.politanikoe.ac.id/images/gambar/Ordo_Serangga/Dewasa_Homoptera_001.png



Gambar 3. 12. Hama kelas Insekta, ordo Hemiptera

Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/serangga-hama-pertanian/serangga-hama-ordo-hemiptera>



Gambar 3. 13. Hama kelas Insekta, ordo Diptera

(Sumber: https://mplk.politanikoe.ac.id/images/gambar/Ordo_Serangga/Dewasa_Diptera001.png)



Gambar 3. 14. Hama kelas Insekta, ordo Thysanoptera.

(Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/scolothrips-sexmaculatus/126-perlantan/929-serangga-hama-penting-pertanian>)

3.3 Patogen Penyakit Tanaman

Kata penyakit termasuk dalam kata sifat yang memperlihatkan bentuk dan kondisi tanaman yang mengalami gangguan secara morfologi dan fisiologi dalam masa pertumbuhan dan perkembangannya. Defenisi Penyakit tanaman yaitu setiap perubahan atau deviasi dari pertumbuhan normal dan stuktur tanaman yang dapat dilihat dan bersifat permanen yang menunjukkan gejala-gejala yang nyata atau yang dapat mengurangi kualitas atau nilai ekonomi (Stakman dan Harrar, 1957).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang normal dimulai dari proses penyerapan unsurhara, air dan mineral dari dalam tanah dan prosesnya mentranslokasi ke seluruh bagian tanaman; proses fotosintesis; perkembangan sel, pembelahan sel maupun proses reproduksi. Bila tanaman mengalami sakit maka terjadilah gangguan yang disebabkan oleh faktor abiotik seperti lingkungan, dan faktor biotik yaitu patogen, sehingga tanaman memperlihatkan penyimpangan atau abnormal (Agrios, 1996).

Penyakit yang diakibatkan oleh faktor biotik merupakan agen penyebab penyakit atau patogen seperti Bakteri, cendawan, virus dan Nematoda yang masing-masing memiliki ciri-ciri umum antara lain: 1) cendawan dapat dikenali dari spora cendawan yang terlihat jelas, bintik-bintik oranye, dan bercak daun yang berbentuk bulat. 2) Penyakit yang disebabkan oleh bakteri ditandai dengan terbentuknya lesi basah atau adanya lendir pada bagian tanaman yang sakit, dan terdapat bintik pada daun

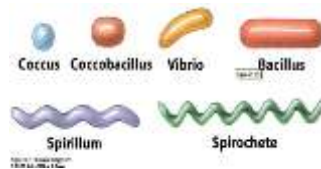
yang berbentuk tidak teratur. 3) Virus ditandai dengan daun tanaman yang mengalami perubahan warna tidak teratur seperti pola mosaik dan daun tanaman menjadi keriting dan tanaman kerdil. 4) Nematoda yang berbentuk cacing yang mempunyai ukuran mikroskopis juga diklasifikasikan sebagai penyakit yang disebabkan oleh faktor biotik dapat menyebabkan pembusukan akar ditandai dengan terdapatnya bintil pada akar, serta pertumbuhan akar yang tidak teratur.

Penyakit pada tanaman dapat diketahui melalui penampakan gejala (*symptom*) dan tanda (*sign*).

1. **Gejala (*symptom*)**, adalah ekspresi dari inang terhadap kondisi penyakit patologik sehingga suatu penyakit tertentu dapat dibedakan dengan penyakit lain. Gejala selalu berubah dengan berkembangnya penyakit. Seri dari gejala disebut *sindrom*. Diagnosis penyakit tumbuhan di lapangan sebagian besar bergantung kepada sindrom.
2. **Tanda (*sign*)**, yaitu struktur dari suatu patogen yang berasosiasi dengan tubuh tanaman atau bagian tanaman yang terinfeksi berupa adanya benda-benda atau alat-alat tubuh dan alat-alat pembiakan dari patogen atau parasit penyebabnya. Beberapa tipe struktur pathogen tidak harus selalu ada pada tanaman yang sakit karena pembentukannya berdasarkan kondisi lingkungan. Kebanyakan tanda penyakit dapat dilihat dan dibedakan dengan bantuan mikroskop. Misalnya, tanda penyakit berupa miselium, spora, tubuh buah jamur, dan sel atau lendir bakteri

3.1 Bakteri

Bakteri digolongkan sebagai mikroorganisme uniseluler bersel tunggal. Memiliki ciri-ciri umum antara lain: uniseluler yang memiliki membran sel, bentuk sel bakteri meliputi batang lurus (*Basil*), menggembung dan bercabang, bulat (*coccus*), spiral atau koma. Berkembanganbiak secara membelah diri secara bier dan ribosom sitoplasmiknya 70S (Sinaga, 2003).



Gambar 3. 15. Bentuk-bentuk sel bakteri.

(Sumber:<https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/scolothrips-sexmaculatus/126-perlintan/929-serangga-hama-penting-pertanian>)

Bakteri penyebab penyakit tanaman umumnya hidup sebagai parasit saprofit dengan cara mengambil nutrisi dari inangnya. Bakteri masuk kedalam jaringan tanaman melalui celah alami (stomata, lentisel, dan hidatoda) atau luka, lalu mengeluarkan zat beracun seperti senyawa toksin, lipopolisakarida dan enzim untuk merusak sel tanaman (Brooks, Butel dan Morse, 2001). Berdasarkan struktur dinding sel selnya, bakteri patogen terbagi menjadi beberapa kelompok, seperti bakteri Gram Negatif misalnya *Erwinia spp*, *Pseudomonas spp*, *Xanthomonas spp*, dan *Agrobacterium spp* yang memiliki dinding sel; bakteri Gram Positif misalnya *Actinomyces spp*, dan *Corynebacterium spp* yang tidak memiliki dinding sel (Meliala, 2009)



Gambar 3. 16. Gejala tanaman tomat terinfeksi layu Bakteri dan tanaman kubis terinfeksi Busuk Hitam Bakteri.

(Sumber: <https://maulzxxx.wordpress.com/2015/01/23/penyakit-busuk-hitam-pada-tanaman-kubis/>)

Bakteri patogen sering menyebabkan gejala layu pada tanaman, ditandai dengan kematian jaringan dan seringkali melibatkan produksi toksin oleh bakteri seperti *Ralstonia solanacearum*. Selain itu, infeksi bakteri juga dapat menyebabkan bercak dan busuk pada buah, dicirikan oleh adanya gejala nekrosis atau kematian jaringan yang cepat, ditandai dengan perubahan warna menjadi gelap. Selain itu gejala nekrosis itu menjadi busuk dan ditandai oleh keluarnya cairan kental dari jaringan tanaman yang terinfeksi oleh *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* (Semangun, 2000).

3.3.2 Cendawan

Cendawan digolongkan sebagai mikroorganisme yang memiliki sel dengan inti yang dikelilingi oleh membran, serta organel-organel yang terbungkus membran (eukariotik). Cendawan tidak memiliki klorofil sehingga menyerap nutrisi dari lingkungan sekitarnya, dan dinding selnya mengandung senyawa selulosa dan kitin. Ciri-ciri umum cendawan terdiri dari benang-benang halus (Hifa), hifa ini bercabang dan saling menjalin membentuk jaringan (Miselium). Miselium inilah yang membentuk tubuh buah

cendawan dan terdapat sel didalamnya baik itu satu atau dua inti sel (Agrios, 1996).



Gambar 3. 17. Morfologi cendawan dalam cawan (makro), bentuk spora dan sporangiofor, bentuk hifa dan miselium; Struktur pertahanan.

(Sumber: <https://www.istockphoto.com/es/foto/mycelium-gm521263035-50212690>)

Penyebaran cendawan dari tanaman sakit ke tanaman sehat melalui berbagai media, seperti air, angin, serta terbawa oleh benih, manusia dan hewan (agrios, 1996). Cendawan memiliki struktur pertahanan yang memungkinkan tuk bertahan hidup dalam kondisi yang tidak menguntungkan, seperti sklerotium, klamidospora dan rhizomorph. Gejala yang ditimbulkan oleh infeksi cendawan pada tanaman dapat berupa nekrosis, layu, busuk, hawar, kerdil dan mosaik. Misalnya penyakit antraknosa, infeksi yang menimbulkan gejala busuk kering pada buah cabai dan mangga disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum* spp (Benatar *et al.* 2023)



Gambar 3. 18. Penyakit Antraknosa oleh cendawan *Colletotrichum* spp.

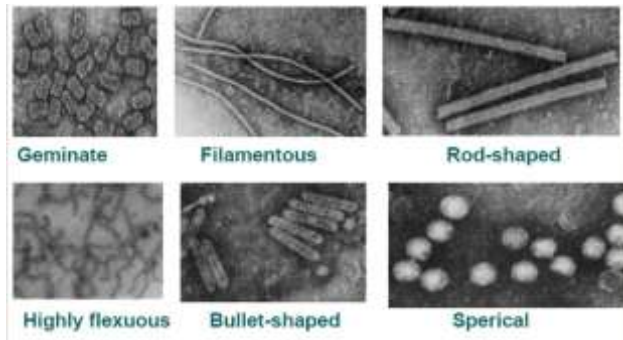
(Sumber: <https://www.istockphoto.com/es/foto/mycelium-gm521263035-50212690>)

Klasifikasi cendawan secara umum dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu kelompok organisme mirip jamur (*pseudofungi*) dan kelompok jamur sejati (*true fungi*). *Pseudofungi* mencakup organisme yang sebelumnya dikelompokkan ke dalam kingdom Protozoa (filum *Myxomycota* dan *Plasmodiophoromycota*) serta kingdom *Chromista* (filum *Oomycota*). Sementara itu, true fungi tergolong ke dalam kingdom Fungi dan dibagi menjadi beberapa filum, di antaranya *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Basidiomycota*, dan *Deuteromycota* (Sinaga, 2003).

3.3.3 Virus

Virus merupakan partikel sangat kecil yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop dan bersifat parasit sejati, artinya ia hanya dapat hidup dan berkembang biak di dalam sel inang. Secara struktural, virus terdiri dari materi genetik (DNA atau RNA) yang terbungkus oleh protein pelindung (Agrios, 2005). Menurut Sinaga (2003), karakteristik umum virus meliputi ukuran yang sangat kecil,

bentuk yang bervariasi (bulat, batang, atau bentuk tidak beraturan), dan kemampuan untuk menginfeksi sel inang. Uniknya, beberapa virus memiliki partikel satelit yang berfungsi sebagai penanda untuk menemukan sel inang yang sesuai sebelum melakukan infeksi.



Gambar 3. 19. Beberapa bentuk partikel virus pada tanaman.

(Sumber: <https://slideplayer.info/slide/12122489/>)

Virus gemini, misalnya, setelah memasuki inang akan melepaskan selubung proteinnya dan mulai mereplikasi diri. Virus ini kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman melalui *plasmodesmata*, mengikuti aliran nutrisi dan air, sehingga gejala infeksi seringkali bersifat sistemik (Hull, 2002). Penularan virus tanaman dapat terjadi melalui berbagai cara, seperti luka mekanis, penyambungan tanaman, atau vektor serangga seperti kutu daun, nematoda, dan tungau. Selain itu, virus juga dapat ditularkan melalui benih atau bahan tanam vegetatif. Contohnya, *Tomato mosaic virus* dapat menular melalui biji dan kontak langsung. Gejala yang timbul pada tanaman yang terinfeksi virus sangat penting karena dapat

digunakan untuk identifikasi jenis virus dan sebagai indikasi adanya infeksi virus.

3.4 Gulma

Gulma adalah tumbuhan yang tumbuh liar di tempat yang tidak diinginkan dan seringkali merugikan tanaman budidaya serta berbagai aktivitas manusia. Tumbuhan ini bersaing dengan tanaman budidaya dalam memperebutkan sumber daya seperti air dan nutrisi, serta dapat menjadi inang bagi hama dan penyakit. Gulma sangat adaptif dan dapat tumbuh subur di berbagai kondisi, bahkan di habitat buatan. Keberadaan gulma tidak hanya menurunkan hasil panen, tetapi juga dapat merusak infrastruktur dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Paiman, 2020).

Klasifikasi gulma dapat dilakukan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain siklus hidup, habitat, dan morfologi. Berdasarkan siklus hidup, gulma dibagi menjadi gulma semusim (berumur pendek) dan gulma tahunan (berumur panjang). Berdasarkan habitat, gulma dapat ditemukan di berbagai tempat, seperti lahan pertanian, perkebunan, pekarangan, dan bahkan perairan. Berdasarkan morfologi, gulma dapat dibedakan berdasarkan bentuk daun, batang, dan akarnya. Gulma berdaun lebar, seperti semanggi, dan gulma berdaun sempit, seperti rumput teki, adalah contoh klasifikasi berdasarkan morfologi (Tjitrosoepomo, 1981).

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Agrios, G. N. 2005. *The impact of climate change on plant diseases. Annual Review of Phytopathology*, 43, 305-331.
<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.140019>
- Benatar, D., Chalmers, D. J., & Chalmers, A. F. 2023. The ethics of artificial intelligence. *Ethics and Information Technology*, 25(3), 157-172.
<https://doi.org/10.1007/s10676-022-09627-z>
- Bodang, Y., Sutiharni, S., Afifah, L., Meilin, A., Nurcahya, I., Amilia, E., Rizal, M., Apindiati, R.K., Tanati, A.E., Fahmi, A., Adhi, S.R., Martanto, E.A. 2021. *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Brooks, G. F., Butel, J. S., & Morse, S. A. 2001. *The role of bacteria in chronic fatigue syndrome. Journal of Infectious Diseases*, 183(2), 250-258.
<https://doi.org/10.1086/318598>
- Brooks, G. F., Butel, J. S., & Morse, S. A. 2001. *The role of bacteria in chronic fatigue syndrome. Journal of Infectious Diseases*, 183(2), 250-258.
<https://doi.org/10.1086/318598>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. 2010. *Biology* (9th ed.).

- Da Lopes YF, Djaelani A. K. 2017. *Bahan Ajar Kuliah Perlindungan Tanaman*. Kupang: Department of Dryland Agriculture Management.
- Depenbusch, L., Sequeros, T., Schreinemachers, P., Sharif, M., Mannamparambath, K., Uddin, N., & Hanson, P. 2023. *Tomato pests and diseases in Bangladesh and India: farmers' management and potential economic gains from insect resistant varieties and integrated pest management. International Journal of Pest Management, ahead-of-print* (ahead-of-print), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09670874.2023.2252760>
- Hull, R. 2002. *The Gemini Viruses. Plant Virology*, 12(3), 177-194. <https://doi.org/10.1007/s11263-002-0035-9>.
- Jacob, J., & Tkadlec, E. 2010. *Impact of rodents on agriculture. Mammal Review*, 40(2), 105-124.
- Mangoensoekarjo, S. 1983. *Gulma dan Pengendaliannya*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Meliala, C. 2009. *Pengantar ilmu penyakit tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Paiman, Dr. ir MP., 2020. *Gulma Tanaman Pangan*. Penerbit UPY Press, Yogyakarta.
- Ofuya, T. I., Mbata, G. N., & Okunlola, A. I. 2023. *A Review of Insect Pest Management in Vegetable Crop Production in Nigeria. Insects*, 14(2), 111. <https://doi.org/10.3390/insects14020111>.
- Rukmana, R., & Saputra, S. 1997. *Penyakit tanaman dan teknik pengendalian*. Yogyakarta: Kanisius.

- Semangun, H. 2000. *Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sembel, D. T. 2012. *Dasar-dasar Perlindungan Tanaman*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sinaga, R. M. 2003. *Diversitas virus tanaman di Indonesia*. *Jurnal Penyakit Tumbuhan Indonesia*, 5(2), 35-42.
- Stakman, E. C., & Harrar, J. G. 1957. *Principles of plant pathology*. Ronald Press Company.
- Susanto. A., Purba, Rolettha. Y., & Sudharto, 2005. *Hama-Hama Vertebrata Kelapa Sawit*. Medan. Penerbit Pusat Penelitian Kelapa Sawit
- Sutiharni, S., Nurul, C., Wahyuni, S., Wilyus, W., Afifah, L. Nurmaisah, N., Azis, S., Syafutra, Hayata, H. 2023. *Hama Utama Tanaman Perkebunan*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Tjitrosoepomo, G. 1981. *Botani Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

BAB 4

PENTINGNYA PERLINDUNGAN DAN PERATURAN PEMERINTAH

Oleh Mutmainnah

4.1 Pendahuluan

Tanaman memiliki peran vital dalam kehidupan manusia, tidak hanya sebagai sumber pangan tetapi juga sebagai penyeimbang ekosistem. Tanaman berperan penting dalam siklus karbon, pengendalian erosi, dan menjaga kesuburan tanah (FAO, 2021). Oleh karena itu, perlindungan terhadap tanaman menjadi sangat penting untuk memastikan kelangsungan hidup manusia dan kelestarian lingkungan. Perlindungan tanaman merupakan aspek krusial dalam sistem pertanian modern yang bertujuan untuk menjaga produktivitas, kualitas hasil panen, serta keberlanjutan ekosistem pertanian. Tanaman budidaya rentan terhadap berbagai ancaman biotik seperti hama, penyakit, dan gulma, serta faktor abiotik seperti kekeringan, banjir, dan perubahan iklim ekstrem. Ancaman ini tidak hanya mengurangi hasil panen tetapi juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi

petani dan mengganggu ketahanan pangan global (Oerke, 2006).

Menurut Oerke (2006), diperkirakan sekitar 20-40% hasil panen global hilang setiap tahun akibat serangan hama dan penyakit tanaman. Kerugian ini menekankan pentingnya implementasi strategi perlindungan tanaman yang efektif, termasuk penggunaan pestisida yang bijak, pengendalian hayati, serta praktik pertanian terpadu yang berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga mendukung produksi pangan yang aman dan sehat. Selain itu, perlindungan tanaman juga berperan penting dalam menjaga stabilitas ekosistem pertanian. Dengan mengelola populasi organisme pengganggu secara efisien, keseimbangan ekosistem dapat dipertahankan, yang pada akhirnya meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan di masa depan (Savary et al., 2019).

Pemerintah memiliki peran strategis dalam mengatur dan melindungi tanaman melalui berbagai peraturan dan kebijakan. Undang-Undang No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan Peraturan Menteri Pertanian No. 42/Permentan/OT.140/6/2007 tentang Pengelolaan Hama Terpadu adalah contoh regulasi yang bertujuan untuk menjaga kesehatan tanaman dan mencegah kerusakan lingkungan (Kementerian Pertanian, 2020). Dengan regulasi ini, diharapkan tercipta keseimbangan antara produksi pertanian yang berkelanjutan dan pelestarian lingkungan.

Peraturan pemerintah memainkan peran penting dalam mendukung upaya perlindungan tanaman dengan menetapkan kebijakan, regulasi, dan pedoman yang mengatur penggunaan pestisida, pengendalian organisme pengganggu, serta praktik pertanian yang berkelanjutan. Regulasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa metode perlindungan tanaman yang digunakan aman bagi manusia, hewan, dan lingkungan (FAO, 2020).

Kebijakan pemerintah juga berfungsi sebagai landasan hukum untuk mendorong penelitian dan pengembangan teknologi perlindungan tanaman yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Selain itu, regulasi yang kuat membantu mengkoordinasikan upaya pengendalian hama dan penyakit lintas wilayah, yang sangat penting dalam menghadapi ancaman global seperti penyebaran penyakit tanaman baru (NAP, 2019). Penerapan peraturan yang efektif juga melibatkan pengawasan dan penegakan hukum untuk memastikan kepatuhan di tingkat lapangan. Ini termasuk pengawasan terhadap penggunaan pestisida ilegal, pengendalian organisme pengganggu yang tidak sesuai prosedur, serta pelaksanaan program karantina tanaman untuk mencegah masuknya hama dan penyakit dari luar negeri.

4.2 Pentingnya Perlindungan Tanaman

4.2.1 Menjaga Ketahanan Pangan

Menjaga ketahanan pangan merupakan aspek krusial dalam pembangunan suatu negara karena berkaitan langsung dengan kesejahteraan masyarakat dan stabilitas sosial ekonomi. Ketahanan pangan dapat diartikan sebagai kondisi di mana semua orang, pada setiap waktu, memiliki akses fisik, sosial, dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan mereka demi hidup sehat dan aktif. Beberapa alasan pentingnya menjaga ketahanan pangan antara lain:

1. **Kesehatan Masyarakat:** Pangan yang bergizi sangat penting untuk menjaga kesehatan tubuh dan mencegah penyakit. Tanpa ketahanan pangan yang baik, risiko kekurangan gizi atau kelaparan bisa meningkat, yang berimbas pada kualitas hidup dan produktivitas individu.
2. **Kemandirian Ekonomi:** Negara yang mampu memenuhi kebutuhan pangannya sendiri akan lebih terjamin ketahanan ekonominya. Ketergantungan pada impor pangan dapat memperburuk perekonomian, terutama ketika terjadi fluktuasi harga internasional atau krisis global.
3. **Keamanan Sosial dan Politik:** Kelangkaan pangan dapat menyebabkan ketidakstabilan sosial dan politik. Sejarah telah mencatat bahwa krisis pangan sering memicu protes dan ketegangan sosial, yang bisa mengganggu pemerintahan dan sistem sosial.

4. Perlindungan Terhadap Perubahan Iklim: Ketahanan pangan juga terkait dengan kemampuan negara untuk mengelola perubahan iklim yang mempengaruhi produksi pangan. Negara dengan ketahanan pangan yang baik lebih siap untuk mengatasi dampak perubahan iklim, seperti bencana alam atau kekeringan.

Dengan memperhatikan pentingnya ketahanan pangan ini, negara dan masyarakat dapat bekerja sama untuk mencapainya, guna menciptakan kesejahteraan yang lebih merata dan berkelanjutan. Menjaga ketahanan pangan sangat penting dalam memastikan kesejahteraan masyarakat dan stabilitas sosial-ekonomi suatu negara. Ketahanan pangan bukan hanya mencakup kecukupan jumlah pangan, tetapi juga kualitas pangan yang aman, bergizi, dan dapat diakses dengan mudah oleh seluruh lapisan masyarakat. Di bawah ini adalah beberapa alasan mengapa ketahanan pangan sangat penting:

1. Kesehatan Masyarakat: Pangan yang bergizi sangat berpengaruh terhadap kesehatan tubuh. Kekurangan pangan atau makanan yang tidak bergizi dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti malnutrisi, stunting, dan penyakit lainnya (Linares et al., 2020). Ketahanan pangan yang terjamin akan mengurangi risiko masalah kesehatan tersebut.
2. Keamanan Ekonomi: Ketahanan pangan juga penting untuk menjaga stabilitas ekonomi. Ketergantungan yang berlebihan pada impor pangan dapat memperburuk perekonomian, terutama saat terjadi krisis global yang mempengaruhi harga pangan internasional. Negara yang mampu memproduksi pangan secara mandiri akan

lebih tahan terhadap guncangan ekonomi global (Timmer, 2009).

3. **Keamanan Sosial dan Politik:** Kelangkaan pangan dapat menjadi pemicu ketegangan sosial dan politik. Ketidakstabilan dalam pasokan pangan sering kali menyebabkan protes, kerusuhan, dan ketidakpuasan sosial, yang dapat mengganggu pemerintahan (Brown, 2011). Oleh karena itu, menjaga ketahanan pangan penting untuk mencegah terjadinya kerusuhan sosial.
4. **Dampak Perubahan Iklim:** Perubahan iklim global yang mempengaruhi produksi pangan merupakan tantangan besar bagi ketahanan pangan. Negara dengan sistem ketahanan pangan yang baik lebih siap untuk mengatasi dampak perubahan iklim seperti kekeringan atau bencana alam (FAO, 2021). Keberlanjutan ketahanan pangan sangat bergantung pada kemampuan negara dalam beradaptasi dengan perubahan lingkungan.

4.2.2 Melestarikan Keanekaragaman Hayati

Melestarikan keanekaragaman hayati sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan kehidupan di Bumi. Keanekaragaman hayati, yang mencakup berbagai spesies tumbuhan, hewan, mikroorganisme, serta keragaman genetik dan ekosistem, memainkan peran kunci dalam mendukung fungsi-fungsi ekosistem yang esensial bagi kehidupan manusia. Beberapa alasan mengapa melestarikan keanekaragaman hayati penting antara lain:

1. **Menjaga Keseimbangan Ekosistem:** Keanekaragaman hayati memastikan bahwa ekosistem dapat berfungsi

dengan baik, termasuk proses-proses seperti penyerbukan, daur ulang unsur hara, dan pengendalian hama alami. Tanpa keanekaragaman hayati yang sehat, banyak ekosistem akan menjadi rentan terhadap gangguan dan kehilangan fungsinya (Wilson, 1992).

2. **Sumber Daya Alam dan Ekonomi:** Banyak sumber daya alam yang digunakan oleh manusia berasal dari kekayaan hayati, termasuk pangan, obat-obatan, bahan bangunan, dan bahan bakar. Keanekaragaman hayati juga mendukung sektor pariwisata dan ekonomi berbasis alam yang penting di

banyak negara (MA, 2005). Kehilangan keanekaragaman hayati dapat mengancam ketahanan ekonomi, terutama bagi komunitas yang bergantung pada sumber daya alam.

3. **Kesehatan Manusia:** Banyak obat-obatan yang kita gunakan berasal dari senyawa alami yang ditemukan dalam spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Hilangnya spesies tertentu dapat mengurangi potensi pengembangan obat-obatan baru dan meningkatkan risiko penyakit (Myers et al., 2000).
4. **Perubahan Iklim dan Ketahanan Ekosistem:** Keanekaragaman hayati berkontribusi pada ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim. Spesies yang berbeda dapat memberikan ketahanan terhadap perubahan iklim dengan cara beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru (Pimm et al., 2014). Oleh karena itu, pelestarian keanekaragaman hayati penting

untuk menjaga kemampuan ekosistem dalam mengatasi tantangan perubahan iklim.

4.2.3 Mencegah Hama dan Penyakit

Pencegahan dini terhadap hama dan penyakit dapat mengurangi kerugian ekonomi. Penyakit dan hama adalah ancaman serius yang dapat mengurangi hasil pertanian dan merusak tanaman. Oleh karena itu, pencegahan terhadap penyakit dan hama merupakan bagian penting dalam pertanian yang berkelanjutan. Beberapa metode pencegahan yang dapat diterapkan untuk mengurangi serangan penyakit dan hama antara lain:

- 1. Pemilihan Varietas Tahan Penyakit dan Hama**

Salah satu langkah utama dalam pencegahan penyakit dan hama adalah pemilihan varietas tanaman yang memiliki ketahanan terhadap penyakit dan hama. Varietas ini cenderung lebih kuat dalam melawan serangan, mengurangi kebutuhan akan pengendalian kimia, dan meningkatkan hasil pertanian (Hanafiah, 2015).

- 2. Rotasi Tanaman**

Rotasi tanaman adalah teknik budidaya yang melibatkan pergantian jenis tanaman dalam satu area untuk memutus siklus hidup hama dan penyakit. Teknik ini dapat mengurangi akumulasi patogen dan hama yang spesifik pada tanaman tertentu (Sutrisno, 2016).

- 3. Praktik Pengelolaan Tanah yang Baik**

Tanah yang sehat dan dikelola dengan baik akan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih kuat

dan tahan terhadap serangan penyakit. Penggunaan kompos dan pemeliharaan kelembaban tanah yang seimbang dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap infeksi patogen (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, 2017).

4. Pengendalian Fisik dan Mekanis

Teknik pengendalian fisik, seperti pemangkasan cabang yang terinfeksi, penggunaan jaring penghalang, dan perangkap untuk hama, dapat mengurangi serangan hama tanpa menggunakan bahan kimia. Sanitasi yang baik, seperti penghapusan sisa tanaman yang terinfeksi, juga membantu mengurangi sumber patogen (Supriyadi & Sumardi, 2018).

5. Penggunaan Pestisida Secara Bijaksana

Penggunaan pestisida bisa menjadi solusi untuk mengatasi hama, tetapi harus digunakan dengan hati-hati. Penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi hama, pencemaran lingkungan, dan kerusakan pada organisme non-target. Oleh karena itu, pestisida sebaiknya digunakan berdasarkan kebutuhan dan dengan dosis yang tepat (Cook & Papavizas, 2001).

6. Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati melibatkan penggunaan musuh alami, seperti predator hama atau mikroorganisme patogen untuk mengurangi populasi hama dan penyakit. Pendekatan ini ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia (DeFoliart, 2002).

4.3 Peraturan Pemerintah Perlindungan Tanaman

4.3.1 Undang-Undang Perlindungan Tanaman

Undang-Undang Perlindungan Tanaman di Indonesia memiliki tujuan utama untuk melindungi tanaman dari organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang dapat mengancam keberlanjutan hasil pertanian. Perlindungan ini melibatkan berbagai aspek mulai dari pengendalian hama dan penyakit hingga pelestarian varietas unggul tanaman. Berikut adalah beberapa undang-undang utama yang mengatur perlindungan tanaman di Indonesia:

1. Undang-Undang No. 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman

Undang-Undang ini menjadi dasar bagi sistem budidaya tanaman yang berkelanjutan di Indonesia. Salah satu bagian penting dari undang-undang ini adalah pengaturan tentang perlindungan tanaman terhadap OPT. Pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan dengan pendekatan pengendalian hama terpadu (*Integrated Pest Management/IPM*), yang mengkombinasikan penggunaan pestisida, teknik budidaya, serta pemanfaatan musuh alami untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia.

2. Peraturan Pemerintah No. 6 Tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman

Peraturan Pemerintah ini mengatur lebih rinci tentang perlindungan tanaman, termasuk pengendalian OPT yang mengancam hasil pertanian. Peraturan ini

menetapkan kebijakan nasional mengenai pengendalian OPT melalui pengendalian hama terpadu serta memberikan panduan bagi pelaksanaan pengawasan dan pengendalian hama di tingkat daerah. Salah satu fokus utamanya adalah perlindungan terhadap tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman perkebunan.

3. Undang-Undang No. 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman

Undang-Undang ini memberikan perlindungan terhadap varietas tanaman hasil pemuliaan. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk menghasilkan varietas yang lebih unggul, baik dari segi hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit, maupun ketahanan terhadap perubahan iklim. Undang-Undang ini memberikan hak kekayaan intelektual kepada pemulia tanaman atas varietas baru yang mereka hasilkan, serta mendorong inovasi dalam dunia pertanian.

4. Undang-Undang No. 21 Tahun 2019 tentang Karantina Pertanian

Undang-Undang Karantina Pertanian ini berfokus pada pengaturan untuk mencegah penyebaran hama dan penyakit tanaman dari dan ke luar negeri. Karantina pertanian melibatkan pemeriksaan dan pengendalian terhadap produk pertanian yang dapat menjadi pembawa OPT. Undang-Undang ini memberikan dasar hukum bagi pengelolaan risiko terkait hama dan penyakit yang dapat merusak sektor

pertanian, serta melibatkan lembaga karantina dalam pengawasan lintas batas negara.

Perlindungan tanaman di Indonesia dilakukan melalui berbagai regulasi yang saling mendukung untuk memastikan ketahanan pangan dan meningkatkan produksi pertanian. Undang-Undang yang ada mengatur pengendalian OPT, perlindungan terhadap varietas unggul, dan pengawasan terhadap hama dan penyakit tanaman yang dapat membahayakan ekosistem pertanian nasional. Semua langkah ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan petani dan menjaga keberlanjutan pertanian Indonesia.

4.3.2 Peraturan Menteri Pertanian

Peraturan Menteri Pertanian tentang Perlindungan Tanaman mengatur teknis pelaksanaan perlindungan tanaman di lapangan dengan tujuan untuk memastikan keberhasilan pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) secara efektif dan efisien. Peraturan ini mencakup langkah-langkah konkret dalam pelaksanaan perlindungan tanaman, baik melalui tindakan preventif, pengendalian, maupun pemantauan di berbagai tingkat, baik lokal maupun nasional. Berikut adalah beberapa aspek utama dari peraturan tersebut:

1. Peraturan Menteri Pertanian No. 43/Permentan/OT.140/10/2016 tentang Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT)

Peraturan Menteri Pertanian ini mengatur pengendalian OPT dengan mengutamakan sistem pengendalian hama terpadu (*Integrated Pest Management/IPM*), yang menggabungkan berbagai teknik dalam mengendalikan OPT. Pengendalian dilakukan dengan cara mekanik, biologis, hayati, dan kimiawi sesuai dengan kondisi lapangan. Peraturan ini menekankan pentingnya monitoring dan evaluasi terhadap status OPT secara rutin agar upaya pengendalian dapat dilakukan tepat waktu.

Beberapa prinsip utama dalam Peraturan Menteri ini adalah:

- a) Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT): Teknik ini melibatkan kombinasi pengendalian kimia, fisik, hayati, serta budidaya untuk mengelola dan mengurangi kerusakan akibat OPT dengan cara yang ramah lingkungan.
- b) Pengawasan dan Pemantauan: Pemerintah daerah bertanggung jawab untuk melakukan pengawasan terhadap penyebaran OPT, termasuk tindakan pencegahan dan pengobatan yang diperlukan.
- c) Karantina: Pengendalian OPT juga mencakup pengawasan terhadap pergerakan tanaman dan produk pertanian dari dan ke luar daerah untuk mencegah penyebaran hama dan penyakit.

2. Peraturan Menteri Pertanian No. 26/Permentan/OT.140/5/2017 tentang Pengendalian Karantina Tumbuhan

Peraturan ini bertujuan untuk mengatur teknis pengendalian OPT pada tanaman yang berpotensi mengganggu ketahanan pangan dan kualitas pertanian. Dalam konteks ini, Karantina Pertanian menjadi elemen penting dalam pengendalian penyebaran OPT lintas batas daerah dan negara. Pemerintah memiliki kewajiban untuk melakukan inspeksi terhadap tanaman, produk tanaman, dan bahan tanaman yang bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain guna mencegah masuk dan tersebarnya OPT.

3. Peraturan Menteri Pertanian No. 14/Permentan/OT.140/4/2020 tentang Perlindungan Tanaman Pangan

Peraturan Menteri ini lebih terfokus pada upaya perlindungan tanaman pangan. Peraturan ini mencakup berbagai langkah teknis yang perlu dilakukan oleh petani dan pihak terkait untuk melindungi tanaman pangan dari hama dan penyakit, dengan penekanan pada pendekatan berbasis ekosistem yang ramah lingkungan. Salah satu bagian penting dari peraturan ini adalah pengaturan tentang penggunaan pestisida yang lebih selektif dan aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Peraturan Menteri Pertanian yang mengatur pelaksanaan perlindungan tanaman ini mencakup langkah-langkah praktis yang harus diambil oleh berbagai pihak terkait dalam pengelolaan tanaman yang sehat dan produktif. Semua peraturan ini bertujuan untuk

memastikan bahwa upaya perlindungan terhadap tanaman dilakukan secara terstruktur, terintegrasi, dan ramah lingkungan, guna mengurangi dampak negatif dari OPT dan meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia.

4.3.3 Standar Nasional Indonesia (SNI)

Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah serangkaian standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang bertujuan untuk memastikan mutu dan keamanan produk, termasuk benih dan hasil tanaman. Dalam konteks perlindungan tanaman, SNI memiliki peranan penting untuk menetapkan standar mutu bagi benih dan hasil tanaman, sehingga produk pertanian yang dihasilkan dapat memiliki kualitas yang tinggi, bebas dari penyakit, serta aman untuk dikonsumsi dan diperdagangkan. Beberapa standar yang relevan terkait dengan benih dan hasil tanaman antara lain:

1. SNI 01-0113-1989 tentang Benih Tanaman Pangan

SNI ini mengatur tentang mutu benih tanaman pangan, seperti padi, jagung, kedelai, dan tanaman lainnya. Standar ini menetapkan syarat-syarat mutu benih yang mencakup faktor-faktor seperti daya berkecambah, kemurnian benih, dan kebersihan dari kontaminasi hama atau penyakit. Penetapan standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa benih yang digunakan oleh petani memiliki kualitas yang tinggi, yang dapat mendukung hasil pertanian yang optimal dan mengurangi potensi kerugian akibat benih yang buruk kualitasnya.

2. SNI 01-4302-2004 tentang Benih Tanaman Hortikultura

SNI ini memberikan pedoman mengenai mutu benih untuk tanaman hortikultura, seperti sayuran, buah-buahan, dan tanaman bunga. Standar ini mencakup persyaratan untuk daya tumbuh, kemurnian, serta kebersihan benih dari kotoran atau bahan asing. Penetapan standar benih hortikultura yang baik sangat penting untuk memastikan keberhasilan budidaya dan produktivitas yang tinggi di sektor hortikultura, yang juga mempengaruhi ketahanan pangan nasional.

3. SNI 01-2817-1992 tentang Benih Tanaman Perkebunan

SNI ini mengatur tentang standar mutu benih untuk tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, kopi, teh, dan kakao. Standar ini menetapkan syarat-syarat kualitas benih yang meliputi aspek genetika, daya tumbuh, dan ketahanan terhadap penyakit atau hama. Dengan adanya standar ini, diharapkan produk perkebunan Indonesia dapat bersaing di pasar internasional dan meningkatkan kualitas tanaman yang dihasilkan, sehingga mendukung sektor perkebunan yang berkelanjutan.

4. SNI 01-2801-1991 tentang Hasil Tanaman Pangan

SNI ini mengatur tentang kualitas hasil tanaman pangan yang dipanen, termasuk persyaratan untuk kesegaran, kebersihan, dan ketahanan hasil tanaman selama proses distribusi dan penyimpanan. Standar ini bertujuan untuk menjaga kualitas hasil pertanian, mengurangi pembusukan atau kerusakan selama distribusi, serta memastikan bahwa produk yang sampai

ke konsumen memenuhi syarat keamanan dan kualitas yang baik.

5. SNI 01-2803-1992 tentang Hasil Tanaman Hortikultura

SNI ini memberikan pedoman tentang mutu hasil tanaman hortikultura, seperti sayuran, buah-buahan, dan tanaman hias. Standar ini mencakup berbagai kriteria kualitas, seperti ukuran, warna, bentuk, dan kebersihan dari kontaminasi bahan asing, serta ketahanan produk terhadap kerusakan selama pengemasan dan pengiriman.

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk benih dan hasil tanaman bertujuan untuk memastikan bahwa produk pertanian yang dihasilkan memiliki mutu yang tinggi dan dapat bersaing di pasar domestik maupun internasional. Dengan adanya standar ini, diharapkan petani dapat memproduksi benih dan hasil tanaman yang bebas dari penyakit, berkualitas tinggi, serta aman dikonsumsi oleh masyarakat. SNI juga berfungsi untuk mendorong keberlanjutan pertanian dan mendukung ketahanan pangan nasional.

4.4 Implementasi Peraturan di Lapangan

4.4.1 Peran Pemerintah Daerah

Peran pemerintah daerah dalam pengawasan dan pelaksanaan peraturan di tingkat lokal sangat penting untuk menjamin tertibnya kehidupan sosial, ekonomi, dan

politik di masyarakat. Secara umum, pemerintah daerah memiliki tanggung jawab untuk:

1. Pelaksanaan Kebijakan dan Peraturan

Pemerintah daerah bertanggung jawab untuk mengimplementasikan kebijakan dan peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah pusat, tetapi juga memiliki otonomi untuk membuat kebijakan lokal sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik daerah. Hal ini mencakup peraturan yang menyangkut pembangunan, pendidikan, kesehatan, lingkungan hidup, dan sektor lainnya yang relevan dengan kesejahteraan masyarakat setempat.

2. Pengawasan dan Penegakan Hukum

Pemerintah daerah memiliki fungsi pengawasan terhadap pelaksanaan kebijakan dan peraturan daerah. Mereka bertugas memastikan bahwa setiap individu, **lembaga**, atau entitas yang beroperasi di wilayahnya mematuhi peraturan yang berlaku. Pengawasan ini bisa melibatkan pemeriksaan administratif, penyidikan, dan penindakan terhadap pelanggaran yang ditemukan.

3. Penyuluhan dan Sosialisasi

Pemerintah daerah juga harus melakukan sosialisasi dan penyuluhan kepada masyarakat mengenai peraturan dan kebijakan yang berlaku. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang hak dan kewajiban mereka, serta cara-cara untuk mematuhi peraturan yang ada.

4. Koordinasi dengan Pemerintah Pusat dan Lembaga Lain

Pemerintah daerah sering bekerja sama dengan pemerintah pusat dan lembaga lainnya dalam rangka melaksanakan kebijakan dan pengawasan. Koordinasi ini penting agar tidak ada tumpang tindih kewenangan dan agar kebijakan yang diterapkan lebih efektif dan efisien.

5. Edukasi dan Pelatihan

Memberikan pengetahuan kepada petani tentang teknik perlindungan tanaman.

4.4.2 Pengawasan dan Pelaksanaan Peraturan di Tingkat Lokal

Pemerintah daerah memiliki peran yang sangat penting dalam mengawasi dan melaksanakan peraturan di tingkat lokal. Sebagai entitas pemerintahan yang lebih dekat dengan masyarakat, pemerintah daerah bertanggung jawab untuk memastikan agar peraturan dan kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah pusat maupun yang bersifat lokal dapat berjalan dengan baik dan efektif di lapangan. Beberapa peran utama pemerintah daerah dalam pengawasan dan pelaksanaan peraturan adalah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan Kebijakan dan Peraturan

Pemerintah daerah bertugas untuk mengimplementasikan kebijakan nasional serta peraturan yang berlaku di daerahnya. Hal ini melibatkan penerjemahan kebijakan dari pusat menjadi program-program konkret yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat setempat. Pemerintah daerah juga

berwenang untuk membuat peraturan daerah (Perda) yang bertujuan mengatur hal-hal yang lebih spesifik untuk kepentingan masyarakat lokal.

2. Pengawasan Pelaksanaan Peraturan

Pengawasan merupakan salah satu fungsi penting yang dimiliki oleh pemerintah daerah. Pemerintah daerah harus memastikan bahwa setiap individu, organisasi, atau badan hukum yang ada di wilayahnya mematuhi peraturan yang berlaku. Pengawasan ini mencakup aspek administratif, sosial, dan bahkan hukum. Misalnya, pengawasan terhadap penggunaan anggaran daerah, pembangunan infrastruktur, atau kepatuhan terhadap peraturan lingkungan hidup.

3. Penyuluhan dan Sosialisasi

Pemerintah daerah juga memiliki tanggung jawab untuk melakukan sosialisasi tentang peraturan dan kebijakan yang ada. Penyuluhan kepada masyarakat bertujuan agar mereka mengetahui hak dan kewajiban yang harus dipatuhi, serta memahami pentingnya kepatuhan terhadap peraturan yang ditetapkan. Melalui penyuluhan, masyarakat diharapkan dapat lebih aktif dalam berpartisipasi dalam kehidupan sosial dan pemerintahan yang lebih tertib.

4. Penegakan Hukum di Tingkat Lokal

Pemerintah daerah juga berperan dalam penegakan hukum di tingkat lokal. Hal ini meliputi tindakan tegas terhadap pelanggaran peraturan daerah yang dapat merugikan masyarakat atau mengganggu ketertiban umum. Pemerintah daerah bekerjasama

dengan aparat penegak hukum lainnya, seperti kepolisian dan kejaksaan, untuk menjalankan peraturan secara efektif.

5. Koordinasi dengan Pemerintah Pusat dan Lembaga Lain

Walaupun pemerintah daerah memiliki kewenangan untuk mengatur dan mengawasi wilayahnya, mereka tetap harus berkoordinasi dengan pemerintah pusat dan lembaga-lembaga lainnya untuk memastikan bahwa kebijakan nasional tetap terlaksana di tingkat lokal. Koordinasi ini diperlukan untuk menghindari tumpang tindih kewenangan dan untuk menciptakan sinergi dalam mencapai tujuan pembangunan nasional.

6. Evaluasi dan Penyesuaian Peraturan

Pemerintah daerah juga bertugas untuk mengevaluasi pelaksanaan kebijakan dan peraturan di lapangan. Berdasarkan hasil evaluasi, peraturan yang ada dapat disesuaikan agar lebih efektif dan relevan dengan kondisi daerah dan kebutuhan masyarakat. Ini mencakup perubahan kebijakan atau revisi peraturan yang diperlukan berdasarkan umpan balik dari masyarakat dan hasil evaluasi kinerja.

4.4.3 Kolaborasi dengan Masyarakat

Kolaborasi dengan masyarakat untuk mendorong partisipasi aktif dalam menjaga lingkungan tanaman adalah strategi yang efektif untuk memperkuat upaya pelestarian alam. Konservasi tanaman tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah atau lembaga lingkungan, tetapi juga

melibatkan seluruh lapisan masyarakat. Keterlibatan aktif masyarakat dalam pengelolaan dan pemeliharaan lingkungan tanaman dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya keberagaman hayati dan keberlanjutan ekosistem (Amare, 2015).

Pentingnya kolaborasi ini terlihat dalam berbagai bentuk, seperti program penghijauan, penanaman pohon, serta pemeliharaan ruang hijau di kota dan desa. Masyarakat dapat dilibatkan dalam aktivitas gotong-royong yang mengarah pada penanaman dan perawatan tanaman, serta dalam kegiatan pemantauan dan evaluasi hasil pemeliharaan tanaman. Selain itu, kegiatan edukasi lingkungan yang melibatkan masyarakat juga penting untuk meningkatkan pengetahuan dan kesadaran tentang pentingnya keberagaman tanaman, serta peranannya dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak perubahan iklim (Jainuddin, 2023).

Kolaborasi ini bisa dilakukan oleh berbagai pihak, seperti pemerintah, sektor swasta, organisasi non-pemerintah (NGO), dan masyarakat itu sendiri. Pemerintah bisa menyediakan kebijakan yang mendukung dan sumber daya yang diperlukan, sementara NGO dan sektor swasta dapat membantu dengan menyediakan edukasi dan pendampingan teknis. Dalam hal ini, pendekatan berbasis masyarakat menjadi sangat penting untuk memastikan keberhasilan program pelestarian tanaman yang berkelanjutan (Amin et. al., 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Amare, A. (2015). Social capital and the environment. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*, 2(2), 17-22.
- Amin, M. N., Winarto, Y., & Marlina, A. (2019). Penerapan prinsip arsitektur berkelanjutan pada perencanaan kampung pangan lestari di mojosongo, kecamatan jebres, kota surakarta. *Senthong*, 2(2).
- Brown, L. R. (2011). *World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse*. W.W. Norton & Company. Buku ini membahas pentingnya ketahanan pangan dalam menjaga kestabilan ekonomi dan sosial di tengah krisis lingkungan global.
- DeFoliart, G. R. (1999). Insects as food: why the western attitude is important. *Annual review of entomology*, 44(1), 21-50.
- FAO. (2020). International Code of Conduct on Pesticide Management: Guidelines on Pesticide Legislation. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- FAO. (2021). The State of the World's Plants and Fungi. Food and Agriculture Organization.

- FAO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Laporan tahunan ini memberikan wawasan tentang status ketahanan pangan global dan tantangan yang dihadapi berbagai negara
- Hanafiah, F. (2015). *Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya*. Yogyakarta: UGM Press.
- Jainuddin, N. (2023). Dampak deforestasi terhadap keanekaragaman hayati dan ekosistem. *HUMANITIS: Jurnal Homaniora, Sosial dan Bisnis*, 1(2), 131-140.
- Kementerian Pertanian. (2020). *Regulasi Perlindungan Tanaman di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Linares, A. G., et al. (2020). *Nutrition and Food Security*. Springer Nature. Buku ini memberikan pembahasan mendalam tentang hubungan antara ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Laporan ini menyajikan informasi penting tentang hubungan antara keanekaragaman hayati dan kesejahteraan manusia serta kebutuhan untuk melestarikan keanekaragaman hayati.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). *Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities*. *Nature*, 403(6772), 853-858. Artikel ini mengidentifikasi kawasan dengan keanekaragaman hayati tinggi yang sangat penting untuk dilestarikan.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAP). (2019). *Safeguarding the Biosecurity of the U.S.: Protecting Our Agriculture and Natural Resources*. Washington, DC: The National Academies Press..
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Pimm, S. L., et al. (2014). *The Biodiversity Crisis: A Call to Action*. *Science*, 344(6185), 124-125. Artikel ini mengkaji ancaman terhadap keanekaragaman hayati dan pentingnya melestarikan spesies dan ekosistem untuk mencegah krisis lebih lanjut.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. (2017). *Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman dengan Teknologi Ramah Lingkungan*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 430-439.
- Sutrisno, B. (2016). *Prinsip-prinsip Perlindungan Tanaman*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

- Supriyadi, S., & Sumardi, H. (2018). *Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Secara Terpadu*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ryckeboer, J. (2004). D. De Clercq, L. Vandesteene, J. Coosemans and. *Resource Recovery and Reuse in Organic Solid Waste Management*, 317.
- Timmer, C. P. (2009). *A World of Food Security: The Role of International Trade in Agricultural Policy and Development*. Cornell University Press. Buku ini membahas peran perdagangan internasional dalam ketahanan pangan dan stabilitas ekonomi.
- Wilson, E. O. (1992). *The Diversity of Life*. Belknap Press. Buku ini menggali secara mendalam pentingnya keanekaragaman hayati dan dampaknya terhadap ekosistem dan kehidupan manusia.

BAB 5

BINATANG BERPOTENSI MENJADI HAMA

Oleh Elsa Sulastri

5.1 Definisi Hama

Pengertian hama menurut Natawigena (1993) mengatakan bahwa hama tanaman ialah semua binatang termasuk serangga, babi, kelelawar/ kalong, tungau, ketam, tupai, burung, siput dan lainnya, yang dalam aktivitas hidupnya selalu merusak tanaman atau merusak hasilnya dan menurunkan kuantitas maupun kualitasnya, sehingga menimbulkan kerugian ekonomis bagi manusia. Sedangkan menurut Sembel (2012) mengatakan bahwa hama dalam arti luas adalah setiap organisme (makro atau mikro) yang dapat mengganggu, merusak ataupun mematikan organisme lain (Untung, 2006).

Hama adalah organisme yang menyebabkan kerusakan pada tanaman, tumbuhan, atau pohon, yang menyebabkan kerugian ekonomi di bidang pertanian dan kehutanan (Gerard et al., 2017; Robinson & Saúco, 2010; Tuncer & Mdivani, 2014). Hama tersebut dapat berupa serangga, tungau, nematoda, dan organisme lain yang berdampak negatif terhadap kesehatan dan produktivitas

tanaman (Gerard et al., 2017; Karimzadeh & Iranipour, 2016; Robinson & Saúco, 2010; Tuncer & Mdivani, 2014). Pada bidang pertanian, hama serangga dianggap sebagai momok utama, yang bertanggung jawab atas sekitar 14% kehilangan produktivitas tanaman global (Kumar, 2002).

Definisi hama tidak hanya mencakup serangga, tetapi juga tungau, nematoda, hewan pengerat, burung, dan hewan lainnya yang berdampak negatif pada pertumbuhan dan hasil panen (Chung, 2012). Menariknya, meskipun serangga adalah organisme yang paling beragam di Bumi dengan lebih dari 900.000 spesies, hanya sebagian kecil yang dianggap sebagai hama pertanian (Gavina et al., 2018). Karakteristik yang biasanya digunakan untuk mendefinisikan serangga hama, seperti fekunditas yang tinggi, pertumbuhan populasi yang cepat, dan kemampuan penyebaran yang tinggi, tidak hanya dimiliki oleh serangga hama, tetapi juga dimiliki oleh serangga non-hama (Gavina et al., 2018).

Hama dalam arti luas dapat dipahami sebagai organisme yang mengganggu atau merusak tanaman budidaya, menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani. Konsep ini mencakup berbagai jenis organisme, termasuk serangga, hewan pengerat, dan bahkan gulma. Sedangkan pengertian hama dalam budidaya tanaman atau dalam arti sempit adalah semua binatang yang dalam aktivitas hidupnya merusak tanaman sehingga menimbulkan kerugian ekonomi bagi petani. Oleh karena itu, dalam budidaya tanaman hama yang dimaksud adalah mencakup semua binatang yang umumnya merusak tanaman seperti

hewan invertebrata (arthropoda, mollusca dan nematoda) dan vertebrata (mamalia dan aves).

5.2 Klasifikasi Binatang Berpotensi Menjadi Hama

Salah satu masalah penting bagi sektor pertanian, terutama di negara-negara dengan sektor pertanian yang luas, adalah hama. Hama dapat merusak atau mengganggu tanaman, menyebabkan penurunan produktivitas, kualitas, dan hasil panen. Binatang yang menjadi hama dapat menyebabkan kerusakan ekonomi dan ekologi yang signifikan, sehingga sangat penting untuk memahami berbagai jenis hewan yang dapat menjadi hama. Tanaman sebagai produsen dalam rantai makanan selalu berhadapan dengan hewan pemakan tumbuhan atau herbivor. Karena itu, setiap tanaman yang ditanam berpotensi diganggu oleh binatang.

a. Hama penting tanaman padi

Tanaman padi memang merupakan komoditas pangan utama di Indonesia, namun menghadapi ancaman serius dari serangan hama yang dapat menurunkan produktivitas. Beberapa jenis hama padi yang umum ditemukan termasuk wereng, walang sangit, semut hitam, dan belalang (Fidela, 2024). Serangan hama ini dapat menyebabkan kerugian panen yang signifikan dan mengancam ketahanan pangan. Berikut adalah beberapa binatang yang umumnya mengganggu tanaman padi

- 1) Penggerek batang padi kuning (*Scirpophaga incertulas*) merupakan hama penting pada tanaman padi yang dapat menyebabkan

kerusakan serius dan mengurangi hasil panen. Serangan hama ini mengakibatkan tanaman layu, malai mati atau menjadi hampa dan tidak subur (Yang et al., 2009). Tingkat infestasi dapat mencapai 15,25% selama musim tanam (Rana et al., 2019), dengan gejala berupa dead heart atau malai hampa.



Gambar 5. 1. Penggerek batang padi kuning (*Scirpophaga incertulas*)

Sumber: <https://indiabiodiversity.org/observation/show/372932>

- 2) Wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) memang merupakan hama serius yang mengancam tanaman padi. *N. lugens* merusak tanaman dengan cara mengisap cairan floem, yang dapat menyebabkan gejala "hopperburn" dimana tanaman menguning dan akhirnya mati (Hare, 1994). Hama ini tersebar luas di Asia Selatan dan Tenggara, termasuk Indonesia, dan dapat menyebabkan kerusakan langsung maupun tidak langsung pada tanaman padi (Listihani et al., 2022; Mashhoor et al., 2015). Selain kerusakan langsung, *N. lugens* juga berperan

sebagai vektor penyakit virus pada padi, seperti virus kerdil rumput dan virus kerdil hampa (Hare, 1994; Mashhoor et al., 2015). Studi terbaru juga mengidentifikasi virus RNA baru pada *N. lugens* yang diberi nama *Nilaparvata lugens Quenyavirus* (NLQV), menambah kompleksitas ancaman yang ditimbulkan oleh hama ini (Ning et al., 2024).



Gambar 5. 2. Wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*)

Sumber: <https://agrokomplekskita.com/wereng-coklat/>

- 3) *Cnaphalocrocis medinalis* umumnya dikenal sebagai penggulung daun padi, merupakan hama penting yang menyerang tanaman padi dengan cara merusak daun muda dengan menggulung dan memakan jaringan daun, sehingga menghambat fotosintesis. Penelitian telah menunjukkan bahwa hama ini dapat menyebabkan kehilangan hasil panen yang cukup besar dan wabah di berbagai daerah di India dan daerah penghasil beras lainnya (Arya et al., 2023; Sasmal et al., 2024). Kerusakan yang disebabkan oleh *C. medinalis* telah terbukti memiliki dampak

fisiologis yang signifikan pada tanaman padi. Penelitian telah menunjukkan bahwa tingkat serangan yang lebih tinggi menyebabkan penurunan karbohidrat larut dan kandungan pati pada daun padi (Mohapatra et al., 2022). Selain itu, tingkat penggulungan daun meningkat dengan populasi hama yang lebih tinggi, yang selanjutnya mengganggu kemampuan tanaman untuk berfotosintesis secara efektif (Mohapatra et al., 2022).



Gambar 5. 3. Larva penggulung daun (*Cnaphalocrocis medinalis*)

Sumber: <https://www.cabidigitallibrary.org>

- 4) Walang sangit (*Leptocorisa oratorius* F.) merupakan hama penting yang menyebabkan kerusakan pada tanaman padi. Walang sangit memakan biji padi yang sedang tumbuh dari fase pengisian hingga akhir fase pematangan, yang menyebabkan potensi kehilangan hasil hingga 40% atau bahkan 100% (Jekli et al., 2020). Hama ini diklasifikasikan sebagai salah satu dari lima hama utama yang menyebabkan kerugian paling besar pada produktivitas pertanian padi

(Jekli et al., 2020). *L. oratorius* menyerang tanaman padi pada tahap kemunculan malai, sehingga menyebabkan kehilangan hasil secara tidak langsung (Ponijan et al., 2023).



Gambar 5. 4. Walang sangit (*Leptocorisa oratorius* F.)

Sumber: <https://plantwiseplusknowledgebank.org/>

- 5) Tikus merupakan hama utama yang menyebabkan kerusakan signifikan pada tanaman padi di berbagai negara Asia Tenggara. Beberapa spesies tikus yang umum menjadi hama padi antara lain *Rattus argentiventer*, *R. tanezumi*, dan *R. tiomanicus* (Lorica et al., 2020; Putri et al., 2024). Kerusakan akibat serangan tikus pada tanaman padi cenderung terkonsentrasi di bagian tengah sawah, jauh dari tepi lahan. Pola ini dikenal sebagai "efek stadion". Penelitian menunjukkan bahwa tikus memiliki persepsi risiko predasi yang lebih rendah di tengah sawah dibandingkan di tepi, sehingga lebih banyak aktivitas dan kerusakan terjadi di area tengah (Jones et al., 2017).

- 6) Hama burung merupakan masalah serius bagi tanaman padi, menyebabkan kerusakan yang signifikan pada hasil panen. Serangan hama burung pada tanaman padi dapat menyebabkan kerusakan hingga 75% atau lebih pada malai padi (Kasmawan et al., 2018). Beberapa spesies burung yang sering menjadi hama padi antara lain burung pipit (*Lonchura atricapilla*) sebagai spesies lokal yang paling melimpah, serta burung kaki panjang (*Himantopus himantopus*) sebagai spesies migran yang dominan (Makbul & Wong, 2016). Beberapa metode pengendalian hama burung pada padi telah diteliti, dengan hasil yang bervariasi. Penggunaan alat akustik tradisional Bali seperti kepuakan terbukti efektif mengusir burung (Kasmawan et al., 2018). Pagar pembatas dan pembersihan vegetasi di sekitar sawah juga dapat mengurangi area yang terdampak hingga 37,8% (Moreno-Opo & Piqué, 2018).



Gambar 5. 5. burung pipit (*Lonchura atricapilla*)

Sumber: <https://www.mongabay.co.id/>

7) Keong atau siput emas (*Pomacea canaliculata*) merupakan hama serius yang mengancam tanaman padi di berbagai negara Asia, termasuk Indonesia. Beberapa fakta penting mengenai hama ini, Keong emas dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada tanaman padi, dengan penurunan produksi hingga 30% di beberapa tempat di Nusa Tenggara Barat (Suripto et al., 2021). Hama ini juga dilaporkan menyerang sawah di Filipina, Thailand, Jepang, dan Malaysia (Suripto et al., 2021). Keong emas terutama merusak bibit padi muda, sehingga pengendalian pada tahap awal pertumbuhan padi sangat penting.

b. Hama penting tanaman jagung

Jagung memainkan peran penting dalam sektor pertanian dan ketahanan pangan di Indonesia. Jagung merupakan salah satu komoditas utama di Indonesia, dengan permintaan yang terus meningkat dan upaya produksi untuk mencapai swasembada (Syahrudin et al., 2020). Akan tetapi, produksi jagung Indonesia masih berada di bawah rata-rata dunia, dengan masalah hama sebagai salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas (Sari et al., 2023). Berikut adalah beberapa hama yang umumnya menyerang tanaman jagung.

1) Ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) merupakan salah satu hama invasif dalam budidaya jagung. Serangan ulat grayak dapat menyebabkan penurunan hasil produksi atau bahkan kehilangan hasil panen pada tingkat serangan hama yang

tinggi (Sulastri et al., 2023). *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) telah menjadi hama invasif yang serius pada tanaman jagung di Indonesia. Kehadirannya pertama kali dilaporkan pada Maret 2019 di Sumatera Barat, dan dengan cepat menyebar ke provinsi lainnya seperti Lampung, Banten, dan Jawa Barat (Sartiami et al., 2020; Trisyono et al., 2019). Hama ini menyebabkan kerusakan berat pada tanaman jagung, terutama pada tahap awal pertumbuhan. Pengamatan lapangan menunjukkan 100% tanaman jagung berumur sekitar 2 minggu terinfestasi, dengan setiap tanaman dihuni oleh satu larva berukuran sedang atau besar (Trisyono et al., 2019). Larva *S. frugiperda* memakan daun muda, pucuk daun, batang, dan tongkol jagung, menyebabkan defoliasi sebelum menyerang titik tumbuh (Nonci & Muis, 2022; Trisyono et al., 2019). Persentase kerusakan meningkat dari 68,9% pada 14 hari setelah tanam menjadi 98,4% pada 77 hari setelah tanam (Nonci & Muis, 2022).



Gambar 5. 6. Larva dewasa (instar kelima) dari *Spodoptera frugiperda* dengan morfologi karakteristik yang ditandai pada larva. A) Bentuk “Y” terbalik di kepala dan B) empat titik pada segmen abdomen ke-8

Sumber: (Mohammed et al., 2021)

- 2) Penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*), umumnya dikenal sebagai penggerek jagung Asia, merupakan hama pertanian utama yang menyebabkan kerusakan signifikan pada jagung dan tanaman lain di Asia dan Australia (Myint et al., 2020; Permadi & Harahap, 2019). Penelitian telah menunjukkan bahwa tingkat serangan di ladang jagung di Indonesia dapat berkisar antara 1,1% hingga 4,31%, dengan distribusi larva yang bervariasi secara acak di antara perkebunan (Permadi & Harahap, 2019).



Gambar 5. 7. Penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*)

Sumber: <https://iasvn.org/>

- 3) Belalang (*Locusta migratoria*), umumnya dikenal sebagai belalang migran atau belalang kembara di Indonesia, adalah hama pertanian penting yang menjadi ancaman besar bagi tanaman jagung dan sereal lainya. Di Provinsi Lampung, Indonesia, wabah belalang kembara pada tahun 1998 menyebabkan kerusakan yang luas pada ribuan hektar tanaman jagung dan padi (Sudarsono, 2003). Kemampuan serangga ini untuk membentuk

kawanan besar dan dengan cepat memakan vegetasi membuatnya sangat merusak area pertanian. Hama ini memakan daun tanaman hingga hanya menyisakan tulang daun. Pada tingkat investasi yang sangat tinggi dapat menyebabkan kehilangan hasil bagi petani.

- 4) Penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera*), adalah salah satu spesies dari Famili Noctuidae yang merupakan hama tanaman pertanian yang paling merusak. *Helicoverpa armigera* (Hübner) merupakan hama ekonomi penting pada tanaman berhektar luas seperti kacang-kacangan, biji-bijian kasar, tomat dan kapas (Bird and Drynan, 2023).



Gambar 5. 8. Penggerek tongkol (*Helicoverpa armigera*)

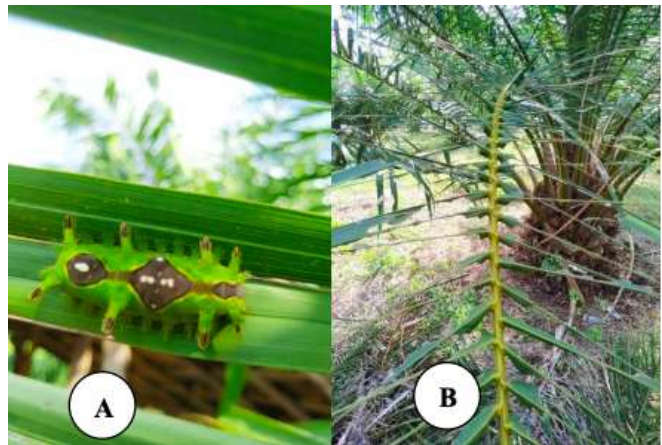
Sumber: bugwood.org

c. Hama penting tanaman perkebunan

Tanaman perkebunan merupakan tanaman yang dibudidayakan secara komersial umumnya dalam skala besar dengan lahan yang luas, dikelola secara intensif sehingga bernilai ekonomi yang tinggi. Beberapa contoh tanaman perkebunan yang umum dibudidayakan di Indonesia yaitu, kelapa sawit, karet,

kopi, cengkeh dan kakao (Azhar et al., 2022). Berikut adalah beberapa binatang yang berpotensi menjadi hama pada tanaman perkebunan adalah sebagai berikut:

- 1) Ulat api (fire caterpillars), merupakan jenis ulat pemakan daun kelapa sawit. Di Indonesia, serangan ulat api dapat menyebabkan kerusakan pada daun kelapa sawit hingga hanya menyisakan tulang daun pada investasi yang tinggi yang disebut *skeletonized*/ melidi. Salah satu ulat api yang sering menyerang tanaman kelapa sawit adalah *Setothosea asigna* (Simbolon et al., 2020). Larva *S. asigna* memiliki tubuh berbentuk oval dengan duri-duri beracun yang dapat menyebabkan iritasi pada kulit manusia.



Gambar 5. 9. Ulat Api (*Setothosea asigna*) (A), Gejala serangan (B) pada tanaman kelapa sawit

Sumber: Arsi et al (2022)

- 2) Kumbang kelapa (*Oryctes rhinoceros*), umumnya dikenal sebagai kumbang badak kelapa, merupakan hama penting pada pohon kelapa dan pohon palem lainnya (Etebari et al., 2021). Kumbang ini termasuk dalam famili Scarabaeidae dan ordo Coleoptera (Renou et al., 1998). Stadium yang merusak tanaman kelapa adalah imago atau serangga dewasa. Hama ini merusak pucuk kelapa, daun muda dan daun tua. Siklus hidup kumbang ini termasuk metamorfosis sempurna yaitu telur, larva, pupa dan dewasa/imago, dengan larva memakan kayu yang membusuk (Han et al., 2024).



Gambar 5. 10. Kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*)

Sumber: <https://www.biolib.cz>

- 3) Penggerek batang merah (*Zeuzera coffea*), hama ini termasuk dalam ordo Lepidoptera, family Cossidae. Serangga ini termasuk hewan polifag yaitu memiliki banyak inang. Larva *Z. coffea* dapat menggerek batang tanaman perkebunan termasuk teh, kopi dan kakao. Keberadaan hama

ini ditandai dengan adanya bekas gerakan di luar tanaman yang meninggalkan bekas-bekas kotoran atau serbuk kayu hasil gerakan. Serangan hama ini dapat menyebabkan layu atau keringnya cabang dan ranting yang diserang.



Gambar 5. 11. Penggerek batang merah (*Zeuzera coffea*)

Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

- 4) *Helopelthis* spp, merupakan hama penting pada tanaman kakao di Indonesia, yang menyebabkan kerusakan yang signifikan pada tanaman muda. Serangga mirid (Hemiptera: Miridae) ini menyebabkan kematian pada tunas muda, keriting, perubahan bentuk, dan pengeringan pada tanaman yang terserang (Kodakkadan et al., 2020). Selain tanaman kakao, hama ini juga menyerang tanaman lain seperti eucalyptus, cabai dan jambu mete.



Gambar 5. 12. Kerusakan kakao akibat *helopeltis* spp

Sumber: Elsa sulastrri, 2024

- 5) Baging/ Tupai, merupakan binatang yang juga berpotensi sebagai hama khususnya pada buah kelapa yang sudah tua. Tupai/ baging akan membuat lubang pada bagian ujung buah kelapa sehingga buah kelapa menjadi rusak.
- 6) Hewan mamalia lainnya, kebanyakan hama dari kelompok serangga namun, beberapa hama lain juga berasal dari kelompok mamalia seperti babi hutan, kera, landak dan gajah. Beberapa hewan mamalia dapat menjadi hama pada tanaman perkebunan. Baging merusak buah kelapa muda dan tua, serta menggerogoti batang tanaman kelapa. Babi hutan merusak tanaman kelapa sawit muda dengan menginjak dan mencabut bibit. Tikus

menyerang berbagai tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, karet, dan kakao dengan menggerogoti buah dan kulit batang.

d. Hama penting tanaman hortikultura

Tanaman hortikultura menghadapi berbagai ancaman hama yang dapat berdampak signifikan terhadap produksi dan kualitas hasil panen. Beberapa hama utama yang menyerang tanaman hortikultura antara lain:

- 1) Lalat buah (Diptera: Tephritidae), merupakan hama penting pada budidaya buah dan sayuran. Terdapat sekitar 4000 spesies lalat buah di dunia, dengan 35% di antaranya merupakan hama penting yang menyerang buah-buahan komersial bernilai ekonomi tinggi (Supratiwi et al., 2020). Di Kabupaten Bangka, Indonesia, ditemukan 9 spesies lalat buah yang menyerang tanaman hortikultura, dengan spesies dominan adalah *Bactrocera dorsalis*, *B. carambolae*, dan *B. occipitalis* (Supratiwi et al., 2020).



Gambar 5. 13. Lalat buah/ *Bactrocera* sp

Sumber: <https://id.wikipedia.org/>

- 2) Kutu daun *Aphis*, merupakan hama penting pada tanaman hortikultura, yang menyebabkan kerusakan melalui makan langsung dan penularan virus tanaman: Beberapa spesies kutu umumnya menyerang tanaman hortikultura. *Myzus persicae* (kutu persik hijau) dan *Aphis gossypii* (kutu kapas) merupakan spesies yang umumnya ditemukan, yang menyerang berbagai jenis tanaman sayuran dan tanaman hias (Fingu-Mabola et al., 2020; Wu et al., 2023). Spesies penting lainnya termasuk *Macrosiphum euphorbiae*, *Aulacorthum solani*, dan *Brevicoryne brassicae*, yang menjadi inang pada famili tanaman tertentu (Nagasaka et al., 2020). Kutu daun *Aphis* spp menghisap cairan daun dan pucuk tanaman sehingga daun yang berkembang menjadi keriting dan pembentukan bunga terhambat.



Gambar 5. 14. *Aphis gossypii*

Sumber: Elsa sulastris, 2024

- 3) Anjing tanah/ *Gryllotalpa*, merupakan hama pada beberapa tanaman hortikultura khususnya pada masa pembibitan. Anjing tanah atau orong-orong

dapat memutuskan perakaran dan melubangi umbi tanaman hortikultura pada saat pembibitan sehingga tanaman menjadi mati. Dalam sebuah studi tentang hama kedelai, *Gryllotalpa gryllotalpa* dilaporkan merusak tanaman muda yang sedang berkecambah dan bibit (Ergasheva et al., 2023). Meskipun kedelai biasanya tidak dianggap sebagai tanaman hortikultura, hal ini menunjukkan potensi anjing tanag untuk mempengaruhi tahap pertumbuhan tanaman awal.



Gambar 5. 15. Anjing tanah

Sumber: <https://www.mccallservice.com/>

- 4) Lepidoptera, Hama Lepidoptera merupakan salah satu ancaman utama bagi tanaman hortikultura. Beberapa contoh hama Lepidoptera yang sering menyerang tanaman hortikultura antara lain: *Plutella xylostella* pada tanaman kubis, sawi dan petsai; *Spodoptera* Sp pada tanaman kubis, tomat dan bawang merah; *Agrotis ipsilon* pada tanaman kubis, sawi dan petsai; *Heliothis* sp. Pada tanaman kentang dan sayuran.

- 5) *Bemisia* sp, serangga ini disebut sebagai kutu kebul yang menyerang tanaman hortikultura seperti tanaman compositae, Solanaceae dan cucurbitaceae. Hama ini menghisap cairan tanaman dan dikenal sebagai vektor berbagai penyakit tanaman. Salah satu contoh spesiesnya adalah *Bemisia tabaci*. *B. tabaci* merupakan salah satu hama utama tanaman hortikultura di daerah tropis, termasuk Indonesia. Hama ini menyerang berbagai jenis tanaman sayuran seperti kacang panjang, buncis, tomat, terong, oyong, mentimun, dan kacang panjang (Sudarjat et al., 2020).



Gambar 5. 16. *Bemisia tabaci*

Sumber: <https://bioprotectionportal.com/>

DAFTAR PUSTAKA

- Arsi A, Umayah A, Gunawan B, Tama AD. 2022. Population and Intensity of Pest Attack *Setothosea asigna* on Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Gunung Cahya Village, Buay Rawan District South Oku Regency. *Jurnal Planta Simbiosa*. 4:41–53.
- Arya, P. S., Chander, S., Rajna, S., Tenguri, P., & Yele, Y. 2023. Population Dynamics of the Rice Leaf Folder *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee: A Lifetable Study. *Indian Journal of Entomology*, 1–3.
- Azhar, A., Novianti, N., Tawakkal, I., Böttges, L., Scheu, S., Hidayat, P., Larasati, A., Drescher, J., Lang, T., Hartke, T. R., & Buchori, D. 2022. Rainforest conversion to cash crops reduces abundance, biomass and species richness of parasitoid wasps in Sumatra, Indonesia. *Agricultural and Forest Entomology*, 24(4), 506–515.
- Bird, L.J., Drynan, L.J., 2023. Comparison of insecticide toxicity in adult and larval stages of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa armigera* (Hünber) (Lepidoptera: Noctuidae). *Crop Protection* 166, 106185.
- Chung, G. F. 2012. 6 - Effect of Pests and Diseases on Oil Palm Yield. In *Palm Oil* (pp. 163–210). elsevier.

- Egonyu, J. P., Martínez, L. C., Subramanian, S., Tanga, C. M., Roos, N., Baguma, J., Anankware, J. P., Priwiratama, H., & Niassy, S. 2022. Global Advances on Insect Pest Management Research in Oil Palm. *Sustainability*, 14(23), 16288.
- Ergasheva, N., Makhmudova, S., Muratov, A., & Khasanov, S. 2023. Types of soybean pests and measures against them. *E3S Web of Conferences*, 371, 01031.
- Etebari, K., Furlong, M. J., Ahoafi, E. M., Jackson, G. V., Sailo, A., Tautua, R., Hereward, J., & Tsatsia, H. 2021. Examination of population genetics of the Coconut Rhinoceros Beetle (*Oryctes rhinoceros*) and the incidence of its biocontrol agent (*Oryctesrhinoceros nudivirus*) in the South Pacific Islands. *Current Research in Insect Science*, 1(1), 100015.
- Fidela, W. 2024. The IDENTIFICATION OF INSECT PESTS ON RICE CROPS (*ORYZA SATIVA*) IN GUNUNG SARIK RICE FIELD. *Jurnal Sapta Agrica*, 3(1), 14–25.
- Fingu-Mabola, J. C., Bawin, T., Francis, F., Martin, C., & Verheggen, F. J. 2020. Does the Infectious Status of Aphids Influence Their Preference Towards Healthy, Virus-Infected and Endophytically Colonized Plants? *Insects*, 11(7), 435.
- Gavina, M. K. A., Morita, S., Jansen, V. A. A., Rabajante, J. F., Ito, H., Aoki, K., Ichinose, G., & Yoshimura, J. 2018. Long-term persistence of agricultural pest insects by risk-spreading dispersal. *Ecological Research*, 33(5), 1031–1037.

- Gerard, P., Schwendel, B. H., Fraser, K., & Eden, T. 2017. Effect of narrow-leaved plantain cultivar on development of two geometrid pests, *Scopula rubraria* and *Epyaxa rosearia*. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61(4), 403–413.
- Han, C.-J., Cheng, C.-H., Yeh, T.-F., Pauchet, Y., & Shelomi, M. 2024. Coconut rhinoceros beetle digestive symbiosis with potential plant cell wall degrading microbes. *NPJ Biofilms and Microbiomes*, 10(1).
- Jekli, J., Subin, E. R., Lailaty, I. Q., Nugroho, L. H., Soesilohadi, R. C. H., Pratiwi, R., Wahyuni, S., & Hartini, Y. S. 2020. Repellent Activity of Piper spp. Leaves Extracts on Rice Ear Bugs (*Leptocorisa oratorius* Fabricius) and the Characters of Its Volatile Compounds. *Annual Research & Review in Biology*, 34–45.
- Jones, C. R., Singleton, G. R., Lorica, R. P., Villegas, J. M., Ramal, A. F., Stuart, A. M., & Horgan, F. G. 2017. The stadium effect: rodent damage patterns in rice fields explored using giving-up densities. *Integrative Zoology*, 12(6), 438–445.
- Karimzadeh, R., & Iranipour, S. 2016. Spatial Distribution and Site-Specific Spraying of Main Sucking Pests of Elm Trees. *Neotropical Entomology*, 46(3), 316–323.

- Kasmawan, I. G. A., Wijaya, I. N., Supartha, I. W., & Giriantari, I. A. D. 2018. Bird pest attack and sound characteristics of bamboo traditional instruments as bird pest repellent on rice fields in Bali. *International Journal of Life Sciences*, 2(3), 28–37.
- Kodakkadan, S., Israel Muro Abad, J., Sharma, M., Yeshwanth, H. M., De Souza Tavares, W., Yong, W. C., Durán, A., Tarigan, M., & Pasaribu, I. 2020. Mirid Pests of Eucalyptus in Indonesia: Notes on Damage Symptoms, Alternate Hosts and Parasitoid. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 92(4).
- Kumar, P. A. 2002. Insect Pest Resistant Transgenic Crops (pp. 71–82). springer us. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4437-8_4
- Lorica, R. P., Belmain, S. R., Stuart, A. M., & Singleton, G. R. 2020. Rodent damage to rice crops is not affected by the water-saving technique, alternate wetting and drying. *Journal of Pest Science*, 93(4), 1431–1442.
- Makbul, N. S., & Wong, A. 2016. The Diversity of Birds in Kota Belud Bird Sanctuary, Sabah. *Journal of Tropical Biology & Conservation (JTBC)*, 13.
- Mohammed, Muhamad & Zuki, Ameyra & wan yahaya, wan asrina. 2021. REPORT ON AN INVASIVE PEST, THE FALL ARMYWORM *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) ON MAIZE CULTIVATION IN BINTULU, SARAWAK. 26. 97-106.

- Mohapatra, L. N., Mohapatra, S. D., Adhikari, B., Senapati, R., Satapathy, S. N., & Singh, R. 2022. The Effect of Differential Pest Load of Leaf Folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) on Extent of Leaf Damage and Alteration in Leaf Biochemical Composition in Rice. *International Journal of Plant & Soil Science*, 1360–1368.
- Moreno-Opo, R., & Piqué, J. 2018. Reconciling the conservation of the purple swampphen (*Porphyrio porphyrio*) and its damage in Mediterranean rice fields through sustainable non-lethal techniques. *PeerJ*, 6(6), e4518.
- Myint, Y. Y., Wang, Z., Zhang, T., Babendreier, D., Bai, S., & He, K. 2020. Molecular and Morphological Identification of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Species From Asian Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae) in Myanmar. *Journal of Economic Entomology*, 114(1), 40–49.
- Nagasaka, K., Moriya, S., Mitsunaga, T., & Sagisaka, A. 2020. Host-range study about four aphid parasitoid species among 16 aphid species for constructing banker–plant systems. *Applied Entomology and Zoology*, 55(2), 249–257.
- Nonci, N., & Muis, A. 2022. Egg laying and damage by fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J. E Smith on maize variety HJ 21 at screen house. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1107(1), 012005.

- Permadi, M. A., & Harahap, Q. H. 2019. TINGKAT DAN POLA DISTRIBUSI INFESTASI PENGGEREK BATANG JAGUNG OSTRINIA FURNACALIS (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) DI PADANGSIDIMPUAN. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(1), 25–31.
- Ponijan, P., Kurniawati, N., Rakhmiati, R., Zulkarnaen, Z., & Handayani, E. P. 2023. Joint application of *B. bassiana* and *M. anisopliae* bioinsecticides for controlling stink bugs and improving rice yields. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 23(2), 58–64.
- Purnama, I., Syafrani, S., Nasution, N., Amalia, A., Saputra, R., & Mutamima, A. 2024. Improving Edible Oilseed (Oil Palm) Health and Productivity: Integration of Sustainable Pest Management, Precision Farming, and Stakeholder Collaboration.
- Putri, I. A., Saepuloh, A., Lubis, F. R., & Asnawi, A. H. 2024. Rat composition and population in mature oil palm adjacent to paddy field. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1308(1), 012015.
- Rana, A., Kumar, A., Singh, D. V., Singh, G., Singh, J., Singh, R., Nigam, R., Sachan, S. K., & Vivek, V. 2019. To study the seasonal incidence of rice stem borer *Scirpophaga incertulas* through pheromone trap. *International Journal of Agricultural Invention*, 4(02), 195–198.

- Renou, M., Tauban, D., & Morin, J.-P. 1998. Structure and function of antennal pore plate sensilla of *oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Dynastidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 27(3), 227–233.
- Robinson, J. C., & Galán Saúco, V. 2010. *Pests*. (pp. 233–244). cabi.
<https://doi.org/10.1079/9781845936587.0233>
- Sari, S. P., Suliansyah, I., Nelly, N., Dwipa, I., & Hamid, H. 2023. Corn Pests and Evaluation of the Implementation of Integrated Pest Management in West Sumatra, Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(1), 91–96.
- Sartiami, D., Kusumah, Y., Anwar, R., Harahap, I., & Dadang, D. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1), 012021.
- Sasmal, A., Dash, S. S., Golive, P., Nayak, A. K., Mohapaapatra, S. D., & Samal, T. 2024. Effect of Selected Rice Landraces on the Fecundity and Survival of Rice Leaf Folder *Cnaphalocrocis Medinalis* (Guenee). *Indian Journal of Entomology*, 1–5.
- Simbolon, A., Irni, J., & Pratomo, B. 2020. *Preferensi Pakan Stadia Larva Ulat Api (Setothosea asigna) terhadap Daun Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. 23(1), 1–7.

- Sudarjat, S., Djaya, L., & Seftira, Z. 2020. The data set on vertical distribution pattern of *Bemisia tabaci* genn. (Homoptera: Aleyrodidae) in several vegetable crops. *Data in Brief*, 32, 106157.
- Sudarsono, H. 2003. HAMA BELALANG KEMBARA (LOCUSTA MIGRATORIA MANILENSIS MEYEN): FAKTA DAN ANALISIS AWAL LEDAKAN POPULASI DI PROVINSI LAMPUNG. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 3(2), 51–56.
- Sulastri, E., Sjam, S., Sulaeha, 2023. Diversity of predators and population *Spodoptera frugiperda* J.E Smith by application botanical insecticide and intercropping cover crops, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics.
- Supratiwi, R., Apriyadi, R., & Asriani, E. 2020. FRUIT FLIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE) DIVERSITY IN HORTICULTURAL FARM OF MERAWANG SUB-DISTRICT, BANGKA DISTRICT, BANGKA BELITUNG ISLANDS. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 20(1), 61–70.
- Suripto, S., Aryanti, E., & Gunawan, E. R. 2021. The Use of Jayanti (*Sesbania Sesban*) Molluscicide in Overcoming Golden Snail, Pest Of Rice Plant in The Village of Bunut Baok, Central Lombok. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(3).
- Suripto, S., Tresnani, G., Gunawan, E., & Jupri, A. 2021. Anti-mollusk Selectivity of Jayanti Plant (*Sesbania sesban* L., Merr) for the Control of Golden Snails, a Pest of Paddy. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 897–906.

- Syahrudin, K., Azrai, M., Abid, M., Nur, A., & Wu, W. Z. 2020. A review of maize production and breeding in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484(1), 012040.
- Trisyono, Y. A., Hartaman, M., Suputa, S., Aryuwandari, V. E. F., & Jumari, J. 2019. Occurrence of Heavy Infestation by the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*, a New Alien Invasive Pest, in Corn Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(1), 156.
- Tuncer, C., & Mdivani, R. 2014. HAZELNUT PESTS OF SILKROAD COUNTRIES, WITH SPECIFIC EMPHASIS ON PESTS OF GEORGIA. *Acta Horticulturae*, 1032, 175–181.
- Untung, Kasumbo. 2006. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Utama, D. N., Taufan, A. Z., Hartzani, A. G., Haidi, H., Sardjono, W., & Lubis, Y. R. 2020. A Fuzzy Decision Support Model for Cropland Recommendation of Food Cropping in Indonesia. *Journal of Computer Science*, 16(4), 518–531.
- Wu, P., Dong, H., He, J., & Zhang, R. 2023. Functional Response and Intraspecific Competition of Three Ladybird Species Feeding on Aphids on Goji Berry Plants in Laboratory and Semi-Field Conditions. *Insects*, 14(11), 853.

Yang, L.-N., Peng, L., Zhang, L.-M., Zhang, L.-L., & Yang, S.-S. 2009. A prediction model for population occurrence of paddy stem borer (*Scirpophaga incertulas*), based on Back Propagation Artificial Neural Network and Principal Components Analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68(2), 200–206.

BAB 6

PENGUNAAN PESTISIDA YANG BAIK DAN BENAR

Oleh Asti Irawanti Azis

6.1 Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor utama yang mendukung pemenuhan kebutuhan pangan dunia. Dengan jumlah populasi global yang diproyeksikan mencapai lebih dari 9 miliar pada tahun 2050, permintaan terhadap berbagai komoditas pangan terus meningkat secara signifikan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, produksi pertanian harus ditingkatkan secara berkelanjutan dan efisien (FAO, 2019). Dalam konteks ini, pertanian tidak hanya menjadi tulang punggung ekonomi di banyak negara, terutama di negara berkembang, tetapi juga menjadi kunci dalam menjamin ketahanan pangan global.

Namun, meskipun penting, pertanian menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah dampak negatif serangan hama dan penyakit tanaman. Menurut laporan FAO (2017), sekitar 20-40% hasil panen global hilang setiap tahun akibat serangan hama dan penyakit. Kerugian ini tidak hanya mengancam ketersediaan pangan, tetapi juga menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi

petani, terutama mereka yang bergantung pada hasil panen untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari.

Serangan hama dan penyakit tanaman juga dapat menciptakan ketidakstabilan dalam sistem pertanian yang berkelanjutan. Ketika serangan hama tidak terkendali, petani sering kali mengalami kerugian besar, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan produktivitas pertanian jangka panjang. Jika tidak ditangani dengan baik, masalah ini dapat memengaruhi rantai pasokan pangan global dan meningkatkan risiko kelaparan di wilayah-wilayah yang rentan.

Untuk menghadapi tantangan ini, pestisida telah menjadi salah satu alat perlindungan tanaman yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Pestisida, yang mencakup herbisida, insektisida, dan fungisida, dirancang untuk mengendalikan berbagai jenis hama, gulma, dan penyakit tanaman. Penggunaan pestisida telah terbukti efektif dalam mengurangi kerugian hasil panen akibat serangan hama, sehingga mendukung peningkatan produksi pertanian (Aktor, *et.al.*, 2009). Dalam banyak kasus, pestisida menjadi solusi utama karena kemampuannya memberikan hasil yang cepat dan efisien.

Salah satu tujuan utama penggunaan pestisida adalah mengurangi kerugian hasil panen yang disebabkan oleh hama dan penyakit. Dengan kontrol yang efektif terhadap organisme pengganggu, petani dapat memaksimalkan potensi hasil panen mereka. Sebagai contoh, di beberapa negara tropis, penggunaan insektisida pada tanaman padi telah berhasil menekan populasi wereng coklat yang menjadi salah satu ancaman utama bagi tanaman padi

(Matthews, 2016). Dengan demikian, pestisida membantu menjaga tingkat produktivitas yang tinggi.

Selain mengurangi kerugian hasil panen, penggunaan pestisida juga berdampak langsung pada peningkatan produktivitas pertanian. Melalui pengendalian hama yang efektif, pestisida memungkinkan tanaman untuk tumbuh dengan optimal tanpa gangguan. Hal ini penting terutama dalam menghadapi kebutuhan pangan yang terus meningkat di tengah keterbatasan lahan pertanian. Dengan produktivitas yang lebih tinggi, petani dapat memenuhi permintaan pasar yang meningkat, sekaligus meningkatkan pendapatan mereka.

Penggunaan pestisida juga berperan penting dalam menjaga stabilitas ekonomi petani. Dalam skala kecil, petani sering kali mengalami kerugian besar ketika serangan hama tidak terkendali, yang dapat menyebabkan penurunan pendapatan dan bahkan kerugian finansial yang signifikan. Dengan menggunakan pestisida secara bijak, petani dapat mengurangi risiko tersebut dan menjaga hasil panen mereka tetap stabil. Hal ini sangat penting bagi petani kecil yang bergantung pada hasil panen untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari.

Meskipun pestisida memberikan banyak manfaat, penting untuk memastikan bahwa penggunaannya dilakukan secara bijak dan berkelanjutan. Penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti resistensi hama, pencemaran lingkungan, dan gangguan kesehatan manusia. Oleh karena itu, prinsip penggunaan pestisida yang baik dan benar harus diterapkan untuk meminimalkan dampak negatifnya

sekaligus memaksimalkan manfaatnya. Dengan demikian, pestisida dapat terus menjadi alat yang efektif dalam mendukung keberlanjutan produksi pangan global.

6.2 Konsep Dasar Pestisida

Pestisida merupakan salah satu komponen penting dalam sistem perlindungan tanaman yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Dalam praktik pertanian modern, pestisida digunakan untuk melindungi tanaman dari hama, penyakit, dan gulma yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Secara umum, pestisida mencakup berbagai jenis bahan kimia atau alami yang dirancang untuk membunuh, menghambat, atau mengusir OPT tertentu. Dengan meningkatnya kebutuhan akan hasil pertanian yang berkualitas dan kuantitas tinggi, penggunaan pestisida menjadi strategi yang banyak diterapkan oleh petani untuk mendukung produktivitas dan ketahanan pangan.

Namun, pestisida bukanlah solusi tunggal tanpa risiko. Penggunaan yang tidak bijak atau tidak sesuai aturan dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan ekosistem pertanian. Oleh karena itu, memahami konsep dasar pestisida, termasuk definisi, klasifikasi, dan mekanisme kerjanya, merupakan langkah awal yang penting untuk mendukung penerapan pestisida secara baik dan benar. Bagian ini akan mengupas secara mendalam berbagai aspek mendasar tentang pestisida untuk memberikan wawasan yang holistik dalam

upaya pengelolaan hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

6.2.1 Definisi Pestisida

Pestisida adalah senyawa kimia yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman, seperti serangga, gulma, dan patogen. Menurut Rahmasari dan Musfirah (2020), pestisida berperan penting dalam meningkatkan produksi pertanian dengan mengurangi kerusakan tanaman akibat hama. Namun, penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Hartini et al. (2022) menyatakan bahwa paparan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan keracunan dan masalah kesehatan lainnya pada petani.

Selain itu, residu pestisida yang tersisa pada produk pertanian dapat membahayakan konsumen. Menurut penelitian oleh Prajawahyudo et al. (2022), residu pestisida pada tanaman dapat menyebabkan efek toksik jika dikonsumsi dalam jumlah yang melebihi ambang batas aman. Pestisida juga dapat mencemari lingkungan, termasuk tanah dan air. Studi oleh Ibrahim dan Sillegu (2022) menunjukkan bahwa penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak negatif pada ekosistem.

Oleh karena itu, penting untuk menerapkan prinsip penggunaan pestisida yang tepat, seperti yang dijelaskan oleh Wisnujati dan Sangadji (2021), guna meminimalkan risiko terhadap kesehatan dan lingkungan.

Selain itu, pengembangan dan penggunaan pestisida alami atau biopestisida menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Menurut penelitian oleh Mutia et al. (2020), pestisida alami dapat mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam tentang definisi, penggunaan, dan dampak pestisida sangat penting bagi petani dan masyarakat umum untuk memastikan praktik pertanian yang aman dan berkelanjutan.

Penggunaan pestisida telah berlangsung sejak ribuan tahun yang lalu. Bangsa Sumeria sekitar 4.500 tahun yang lalu menggunakan sulfur sebagai pestisida untuk melindungi tanaman mereka dari serangan. Selain itu, teks kuno Rig Veda yang berusia sekitar 4.000 tahun menyebutkan penggunaan tanaman beracun untuk mengendalikan hama.

Pada abad ke-15, senyawa berbahaya seperti arsenik, raksa, dan timbal mulai diterapkan di lahan pertanian untuk membunuh hama. Kemudian, pada abad ke-17, nikotin sulfat diekstraksi dari daun tembakau dan digunakan sebagai insektisida. Pada abad ke-19, piretrum yang berasal dari bunga krisan dan rotenon dari akar tanaman mulai dikembangkan sebagai pestisida alami.

Perkembangan signifikan terjadi pada abad ke-20 dengan ditemukannya DDT oleh Paul Hermann Müller, yang kemudian digunakan secara luas sebagai insektisida. Namun, penggunaan DDT menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, sehingga banyak negara melarang atau membatasi penggunaannya.

Seiring waktu, pestisida sintesis lainnya seperti organofosfat dan karbamat dikembangkan dan digunakan secara luas. Namun, kekhawatiran terhadap dampak negatif pestisida terhadap kesehatan manusia dan lingkungan mendorong penelitian dan pengembangan pestisida yang lebih aman dan ramah lingkungan, termasuk pestisida hayati dan teknik pengendalian hama terpadu.

Dengan demikian, sejarah perkembangan pestisida mencerminkan upaya manusia dalam melindungi tanaman dari hama, sekaligus tantangan dalam mengatasi dampak negatif yang ditimbulkannya terhadap kesehatan dan lingkungan.

6.2.2 Mekanisme Kerja Pestisida

Pestisida bekerja melalui berbagai mekanisme yang dirancang untuk mengganggu fungsi vital organisme target, seperti serangga, gulma, atau patogen tanaman. Salah satu mekanisme utama adalah penghambatan enzim esensial dalam sistem saraf. Sebagai contoh, insektisida organofosfat dan karbamat menghambat aktivitas enzim asetilkolinesterase, yang berperan dalam memecah neurotransmitter asetilkolin. Penghambatan ini menyebabkan penumpukan asetilkolin di sinaps, mengakibatkan stimulasi berlebihan pada sistem saraf serangga dan akhirnya kematian.

Selain itu, beberapa herbisida bekerja dengan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman gulma. Herbisida seperti paraquat menyebabkan pembentukan spesies oksigen reaktif yang merusak membran sel dan komponen vital lainnya, sehingga menyebabkan kematian

tanaman. Mekanisme ini menjadikan herbisida efektif dalam mengendalikan pertumbuhan gulma yang kompetitif dengan tanaman budidaya.

Fungisida, yang digunakan untuk mengendalikan penyakit jamur pada tanaman, sering kali menargetkan biosintesis ergosterol, komponen penting dari membran sel jamur. Dengan menghambat sintesis ergosterol, fungisida menyebabkan disfungsi membran sel, yang akhirnya mengakibatkan kematian sel jamur. Pemahaman mendalam tentang mekanisme kerja ini penting untuk mengembangkan strategi pengendalian penyakit tanaman yang efektif.

Pestisida nabati, yang berasal dari bahan alami, memiliki mekanisme kerja yang berbeda-beda tergantung pada jenis bahan dan organisme target. Beberapa pestisida nabati dapat menghambat proses perkembangbiakan hama, menurunkan nafsu makan, atau mengganggu perkembangan telur, larva, dan pupa. Mekanisme ini membuat reproduksi hama terganggu dan menekan perubahan kulit, sehingga populasi hama dapat dikendalikan secara efektif.

Penting untuk dicatat bahwa efektivitas pestisida sangat dipengaruhi oleh mekanisme kerjanya, serta oleh faktor-faktor seperti dosis, metode aplikasi, dan resistensi organisme target. Oleh karena itu, pemilihan pestisida yang tepat dengan mekanisme kerja yang sesuai menjadi kunci dalam manajemen hama terpadu yang berkelanjutan.

Selain itu, penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, termasuk tanah dan air tanah. Pencemaran ini dapat berdampak negatif pada organisme non-target dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida pertanian, seperti bioremediasi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi residu pestisida di lingkungan.

Dengan memahami mekanisme kerja pestisida dan dampaknya terhadap lingkungan, diharapkan penggunaannya dapat lebih bijaksana dan efektif dalam pengendalian hama, sambil meminimalkan risiko terhadap kesehatan manusia dan ekosistem.

Tabel 6. 1. Mekanisme kerja pestisida

Mekanisme Kerja	Deskripsi	Contoh Pestisida
Racun Kontak	Pestisida yang membunuh hama melalui kontak langsung dengan tubuhnya. Efektif saat diaplikasikan langsung pada hama atau area yang sering dilewati hama.	Permetrin, Deltametrin, Bifentrin, Lambda-sihalotrin, Sipermetrin
Racun Perut	Pestisida yang bekerja ketika hama menelan bahan aktifnya, menyebabkan keracunan melalui sistem pencernaan. Efektif untuk hama yang memakan bagian tanaman yang telah disemprot.	Karbaril, Metomil, Abamektin, Spinosad, Chlorantraniliprol
Racun	Pestisida yang diserap oleh tanaman dan ditranslokasikan ke	Imidaklopid, Karbofuran,

Mekanisme Kerja	Deskripsi	Contoh Pestisida
Sistemik	seluruh bagian tanaman, sehingga hama yang memakan tanaman tersebut akan terpapar racun.	Tiametoksam, Dinotefuran, Acetamiprid
Fumigasi	Pestisida dalam bentuk gas atau uap yang digunakan untuk mengendalikan hama di ruang tertutup. Hama mati setelah menghirup gas beracun ini.	Metil Bromida, Fosfin, Sulfuril Fluorida, Diklorvos, Etilen Oksida

Sumber: Data sekunder, 2025.

6.3 Prinsip Penggunaan Pestisida

6.3.1 Tepat Dosis

Tepat dosis mengacu pada penggunaan pestisida sesuai dengan takaran yang dianjurkan dalam petunjuk label atau rekomendasi ilmiah. Dosis yang digunakan harus cukup untuk membunuh hama atau patogen tanpa menyebabkan pencemaran lingkungan atau resistensi hama.

- **Efektivitas dan Efisiensi.** Penggunaan dosis yang tepat memastikan efektivitas pestisida dalam mengendalikan OPT. Menurut Pimentel et al. (2020) dalam *Environmental Science & Technology*, aplikasi pestisida dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dalam pengendalian hama hingga 80%, sementara penggunaan yang

berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan ekosistem.

- **Resistensi Hama dan Patogen.** Penggunaan dosis yang lebih rendah dari rekomendasi dapat menyebabkan hama atau patogen bertahan dan berkembang menjadi lebih resisten terhadap pestisida. Studi oleh Sparks dan Nauen (2015) dalam *Journal of Pest Science* menyebutkan bahwa resistensi terhadap insektisida neonicotinoid meningkat secara signifikan di beberapa populasi serangga akibat penggunaan dosis subletal dalam jangka panjang.
- **Keamanan bagi Lingkungan dan Manusia.** Penggunaan dosis yang berlebihan tidak hanya meningkatkan residu pestisida pada tanaman dan tanah, tetapi juga berisiko mencemari sumber air dan berdampak negatif terhadap organisme non-target, termasuk manusia. Menurut WHO (2021), paparan pestisida dengan dosis tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti keracunan akut, kanker, dan gangguan hormon.

6.3.2 Tepat Waktu

Tepat waktu dalam aplikasi pestisida berarti penggunaan pestisida dilakukan pada saat yang paling efektif dalam siklus hidup hama atau patogen. Ini penting untuk memaksimalkan efikasi pestisida dan meminimalkan dampak negatifnya.

- **Stadium Rentan Hama atau Patogen**

Pestisida harus diaplikasikan ketika OPT berada dalam fase yang paling rentan. Misalnya, insektisida lebih efektif jika diaplikasikan pada stadium larva dibandingkan saat hama telah mencapai fase dewasa.

- **Kondisi Lingkungan yang Mendukung**

Faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan mempengaruhi efektivitas pestisida. Misalnya, aplikasi pestisida harus dihindari saat hujan karena dapat menyebabkan pencucian pestisida dari permukaan tanaman sebelum memberikan efek yang maksimal.

- **Frekuensi Aplikasi**

Penerapan pestisida yang terlalu sering dapat mempercepat resistensi hama dan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, pendekatan berdasarkan ambang ekonomi serangan (AES) atau ambang kendali harus diterapkan dalam menentukan waktu aplikasi pestisida.

6.4 Dampak Negatif Penggunaan Pestisida Sintetik

Penggunaan pestisida dalam praktik pertanian modern telah memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan hasil pertanian dan pengendalian hama. Namun, penggunaan pestisida yang tidak bijaksana juga menimbulkan berbagai dampak negatif, baik terhadap

lingkungan, tanaman, maupun kesehatan manusia. Dampak negatif ini dapat berlangsung jangka pendek maupun jangka panjang sehingga memerlukan perhatian khusus agar penggunaannya lebih terkendali dan berkelanjutan.

a. Dampak terhadap Lingkungan

Penggunaan pestisida secara berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, meliputi tanah, air, dan udara. Residu pestisida yang tertinggal di tanah dapat menurunkan kesuburan tanah dan membunuh mikroorganisme yang bermanfaat dalam proses dekomposisi bahan organik. Pestisida yang terbawa aliran air hujan menuju sungai atau sumber air dapat mencemari ekosistem perairan dan membahayakan organisme akuatik. Selain itu, volatilitas pestisida dapat mencemari udara dan berdampak pada kualitas udara di sekitar lahan pertanian.

Dampak lainnya adalah gangguan terhadap biodiversitas. Pestisida yang diaplikasikan tanpa selektivitas dapat membunuh musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid, sehingga menyebabkan ledakan populasi hama sekunder. Hilangnya keanekaragaman hayati dalam ekosistem pertanian dapat mengganggu keseimbangan ekologi, yang pada akhirnya menurunkan produktivitas pertanian.

b. Dampak terhadap Tanaman

Penggunaan pestisida yang tidak sesuai dosis dan frekuensi dapat menimbulkan fitotoksisitas pada tanaman. Gejala fitotoksisitas meliputi nekrosis, klorosis, deformasi daun, dan pertumbuhan tanaman yang terhambat. Selain itu, residu pestisida yang terakumulasi

pada tanaman dapat mengganggu proses fisiologis, seperti fotosintesis dan penyerapan hara, sehingga mengurangi kualitas dan kuantitas hasil panen.

Penggunaan pestisida yang berlebihan juga dapat mempercepat munculnya resistensi hama dan patogen terhadap bahan aktif pestisida. Hama dan patogen yang resisten menjadi lebih sulit dikendalikan, sehingga petani cenderung meningkatkan dosis aplikasi pestisida, yang justru memperburuk kondisi pertanian dalam jangka panjang.

c. Dampak terhadap Manusia

Paparan pestisida terhadap manusia dapat terjadi melalui kontak langsung selama proses pencampuran, penyemprotan, atau saat berada di area yang baru saja diaplikasikan pestisida. Petani yang tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) secara lengkap sangat rentan mengalami keracunan akut dengan gejala seperti pusing, mual, muntah, iritasi kulit, hingga gangguan pernapasan.

Paparan pestisida secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan efek kronis, seperti gangguan sistem saraf, gangguan hormonal, gangguan reproduksi, hingga risiko kanker. Selain itu, residu pestisida yang tertinggal pada hasil pertanian juga menjadi ancaman bagi konsumen. Konsumsi bahan pangan yang terkontaminasi pestisida dapat memicu gangguan kesehatan, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan ibu hamil.

Oleh karena itu, penerapan prinsip penggunaan pestisida yang baik dan benar menjadi langkah penting dalam meminimalkan dampak negatif ini. Pemahaman yang baik mengenai jenis, dosis, waktu aplikasi, dan cara penggunaan pestisida dapat membantu petani menjaga kesehatan, meningkatkan produktivitas tanaman, serta melestarikan lingkungan secara berkelanjutan.

6.5 Strategi Pengelolaan Pestisida Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan

Pestisida berperan penting dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT), tetapi penggunaannya yang tidak bijak dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, lingkungan, dan ekosistem pertanian. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan pestisida yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk memastikan keseimbangan antara efektivitas pengendalian hama dan dampaknya terhadap ekosistem. Berikut adalah beberapa strategi utama dalam pengelolaan pestisida yang berkelanjutan :

6.5.1 Penerapan Prinsip Pengelolaan Hama Terpadu (PHT)

Pendekatan **Pengelolaan Hama Terpadu (PHT)** bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia dengan memanfaatkan berbagai teknik pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Prinsip utama dalam PHT meliputi:

- **Pemantauan dan Ambang Ekonomi Serangan (AES)**

Penggunaan pestisida hanya dilakukan jika populasi hama telah mencapai ambang kendali yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi. Kajian oleh Muliasari & Trilaksono (2020) melaporkan bahwa intensitas serangan hama penggerek batang tebu di PG Jatitujuh sebesar 1,26%, yang masih berada di bawah ambang ekonomi yang ditetapkan yaitu 5%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian hama belum diperlukan pada tingkat serangan tersebut.

- **Pengendalian Hayati**

Pemanfaatan musuh alami seperti parasitoid, predator, dan entomopatogen dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis. Menurut Wardati, et. al. (2018), mengevaluasi efektivitas berbagai agens hayati, termasuk bakteri, jamur, dan nematoda entomopatogen, dalam mengendalikan hama penggerek pucuk pada tanaman kapas.

- **Penggunaan Varietas Tahan Hama**

Varietas tanaman yang tahan terhadap hama dan penyakit mengurangi kebutuhan aplikasi pestisida. Misalnya, pengembangan padi tahan wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) telah mengurangi ketergantungan petani terhadap insektisida (Iswanto, et.al., 2020).

6.5.2 Penggunaan Pestisida Hayati dan Nabati

- **Pestisida Hayati**

Pestisida berbasis mikroorganisme seperti *Bacillus thuringiensis* (Bt), *Beauveria bassiana*, dan *Metarhizium anisopliae* terbukti efektif dalam

mengendalikan hama tanpa menyebabkan polusi lingkungan. Studi oleh Sudrajat, *et.al.* (2023) menunjukkan bahwa penggunaan cendawan entomopatogen mampu mengendalikan hama *Bemisia tabaci*.

- **Pestisida Nabati**

Ekstrak tanaman seperti neem (*Azadirachta indica*), piretrum, dan rotenon memiliki sifat insektisida yang efektif dan lebih cepat terurai di lingkungan. Menurut Isman (2020), pestisida nabati memiliki toksisitas rendah terhadap organisme non-target dan tidak meninggalkan residu yang berbahaya. Pestisida nabati lainnya juga dapat dibuat dari ekstrak sereh wangi dalam menekan kutu kebul Sondakh, *et.al.* (2024). Penelitian lain yang memanfaatkan tumbuhan untuk menekan serangan hama juga dilakukan oleh Azis, *et.al.* (2023), dengan memanfaatkan tanaman refugia dalam menekan hama tikus pada pertanaman permakultur.

6.5.3 Rotasi dan Diversifikasi Pestisida untuk Mencegah Resistensi

Penggunaan pestisida yang berulang dengan bahan aktif yang sama dapat menyebabkan resistensi hama. Oleh karena itu, strategi rotasi dan diversifikasi bahan aktif sangat penting untuk menjaga efektivitas pestisida dalam jangka panjang.

- Rotasi Bahan Aktif dengan Mekanisme Kerja Berbeda

Pestisida harus digunakan secara bergantian dengan bahan aktif berbeda untuk mencegah seleksi terhadap populasi hama yang resisten. Menurut Sparks et al. (2015) dalam *Pest Management Science*, rotasi insektisida dengan mode aksi berbeda dapat memperlambat perkembangan resistensi hingga 30%.

- Penggunaan Campuran Pestisida yang Tepat Kombinasi beberapa jenis pestisida dengan mekanisme kerja berbeda dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama dan mengurangi tekanan seleksi terhadap satu jenis bahan aktif (Yang, *et.al.*, 2023).

6.5.4 Teknologi Aplikasi Pestisida yang Efektif dan Presisi

Teknik aplikasi pestisida yang tepat dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan efisiensi pengendalian hama.

- **Penggunaan Drone dan Sensor Presisi**

Teknologi drone dan sensor dapat mengoptimalkan aplikasi pestisida hanya pada area yang terinfestasi hama, mengurangi penggunaan pestisida hingga 50% (Shamshiri *et al.*, 2024).

- **Teknik Aplikasi Mikroenkapsulasi**

Pestisida mikroenkapsulasi memungkinkan pelepasan bahan aktif secara perlahan, mengurangi volatilitas dan meningkatkan efektivitasnya (Kumar, *et.al.*, 2019).

6.5.5 Regulasi dan Edukasi Petani dalam Penggunaan Pestisida

Pengelolaan pestisida yang berkelanjutan memerlukan regulasi yang ketat dan peningkatan kesadaran petani mengenai bahaya serta cara penggunaan yang tepat.

- **Regulasi dan Pengawasan Penggunaan Pestisida**
Pemerintah harus memastikan bahwa hanya pestisida yang telah lulus uji toksikologi dan lingkungan yang boleh digunakan. Organisasi seperti FAO dan WHO telah mengembangkan pedoman penggunaan pestisida secara aman untuk meminimalkan dampak negatifnya (FAO & WHO, 2021).
- **Pelatihan Petani tentang Teknik Aplikasi yang Aman**
Pendidikan dan pelatihan petani mengenai dosis, waktu aplikasi, serta alat pelindung diri (APD) dapat mengurangi risiko paparan pestisida terhadap manusia dan lingkungan (Pretty & Bharucha, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.
- Azis, A., I., Ratih, Andrani, D.,E. (2023). Konsep permakultur sebagai metode pengendalian serangan tikus pada jagung manis di pertanian perkotaan. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 11(3) : 307-315.
- FAO. (2021). The state of food and agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ibrahim, M., & Sillehu, S. (2022). Dampak penggunaan pestisida dalam kegiatan pertanian. *Jurnal Agrotek*, 10(1), 23–31.
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233–249.
- Iswanto, E. H., Munawar, D., & Rahmini. (2020). Evaluasi Ketahanan Varietas Padi Modern terhadap Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens* STÅL). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 20(2), 157–164.
- Kumar S, Nehra M, Dilbaghi N, Marrazza G, Hassan AA, Kim KH. (2019). Nano-based smart pesticide formulations: Emerging opportunities for agriculture. *J Control Release*. doi: 10.1016/j.jconrel.2018.12.012.

- Matthews, G. (2016). *Pesticides: Health, safety and the environment – Second Edition*. Blackwell Publishing.
- Muliasari, A., A. & Trilaksono, R. (2020). *Insidensi Hama dan Penyakit Utama Tebu (*Saccharum officinarum*) di PG Jatitujuh, Jawa Barat. Jurnal Sains Terapan*, 10(1), 40–52.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182.
- Rahmasari, D. A., & Musfirah, M. (2020). Faktor yang berhubungan dengan keluhan kesehatan subjektif petani akibat penggunaan pestisida di Gondosuli, Jawa Tengah. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 3(1), 1–10.
- Shamshiri, R. R., Navas, E., Dworak, V., Cheein, F.A.A., Weltzien, C. (2024). *A Modular Sensing System with CANBUS Communication for Assisted Navigation of an Agricultural Mobile Robot. Computers and Electronics in Agriculture*, 223, 109112.
- Sondakh, R. R., Ahmad F., Astuti. (2024). Aplikasi Pestisida Organik Ekstrak Serai Wangi dan Daun Cengkih terhadap Hama Kutu Kebul pada Tanaman Cabai. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2), 217–225.
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122-128.

- Sudarjat, S., Hersanti, H., & Nurazizah, R. (2023). Aplikasi Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* pada Berbagai Kerapatan Konidia dan Frekuensi Aplikasi terhadap Hama Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*) pada Tanaman Tomat. *Jurnal Agrikultura*, 34(2), 274–283.
- WHO. (2021). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019. World Health Organization.
- Wardati, I., Erawati, D. N., Triwidiarto, C., & Fisdiana, U. (2018). *Potensi Pengendalian dengan Berbagai Agens Hayati pada Hama Penggerek Pucuk Kapas (Gossypium hirsutum L.)*. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 81, 81–90.
- Wisnujati, N. S., & Sangadji, S. S. (2021). Pengelolaan penggunaan pestisida dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia. *SEPA: Vol. 18 No.1 September 2021*, 92–100.
- Yang, J., Fu, B., Gong, P., Zhang C., Wei, X., Yin, C., Huang, M., He, C., Du, T., Liang, J., Liu, S., Ji, Y., Xue, H., Wang, C., Hu, J., Du, H., Zhang, R., Yang, X., Zhang, Y. (2023). *CYP6CX2* and *CYP6CX3* mediate thiamethoxam resistance in field whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera:Aleyrodidae), *Journal of Economic Entomology*, 116 (4) :1342–1351.

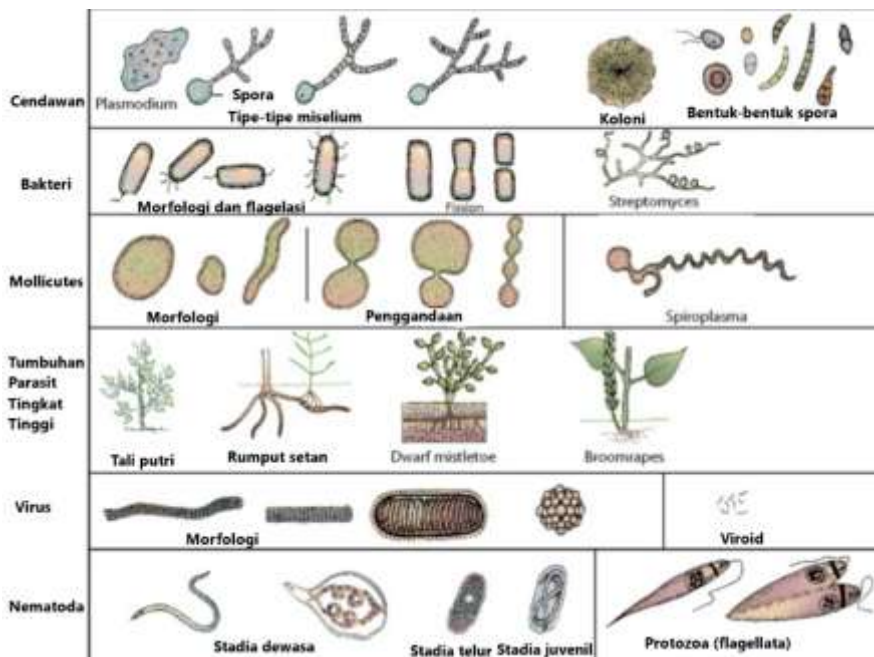
BAB 7

PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN DARI FAKTOR BIOTIK

Oleh Amelia Agustina Limbongan

7.1 Pendahuluan

Ilmu yang mempelajari penyakit tanaman secara ilmiah disebut patologi tanaman atau fitopatologi (Agrios, 2005). Kondisi sakit pada tanaman ini disebabkan oleh faktor abiotik (yang terdiri dari faktor tak hidup dan nonparasit) dan faktor biotik (yang berkaitan dengan faktor parasit hidup) (Ramegowda and Senthil-Kumar, 2015). Faktor abiotik adalah faktor lingkungan yang memengaruhi perkembangan fisiologis tanaman inang, sedangkan faktor biotik adalah organisme yang biasanya terdiri dari mikroorganisme, seperti: cendawan, bakteri, virus, fitoplasma, nematoda, oomycetes, dan tanaman parasit (Khanchazar et al., 2020; Limbongan et al., 2021b; Powell, 2019) yang terdapat pada Gambar 7.1. Ektoparasit seperti serangga, tungau, vertebrata, atau hama lain yang memakan jaringan tanaman dan memengaruhi kesehatan tanaman tidak tergolong ke dalam faktor biotik.

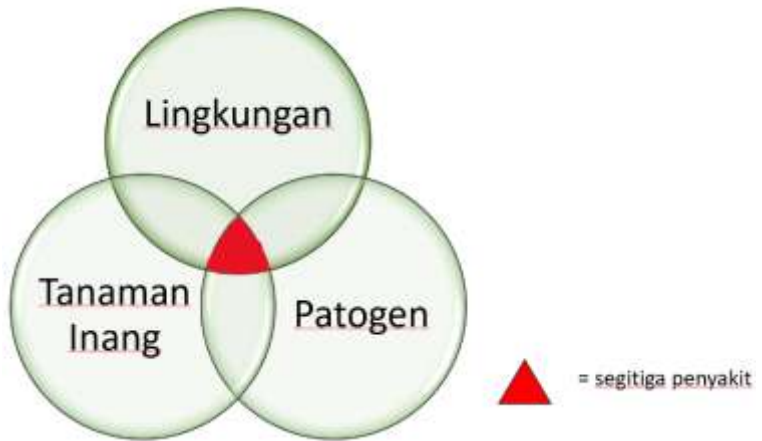


Gambar 7. 1. Contoh agensia biotik penyakit tanaman.

(Sumber: Agrios (2005))

7.2 Segitiga Penyakit

Penyakit biotik hanya dapat berkembang jika terdapat kondisi tertentu. Perkembangan penyakit membutuhkan keberadaan tanaman inang yang rentan, keberadaan patogen seperti jamur, bakteri, atau virus, serta lingkungan yang mendukung pada waktu tertentu. Ketiga faktor ini membentuk konsep yang dikenal sebagai Segitiga Penyakit (Gambar 7.2). Jika salah satu dari faktor ini tidak terpenuhi, maka penyakit biotik tidak akan muncul (Agrios, 2005; Munir, 2018).



Gambar 7. 2. Segitiga penyakit.

(Sumber: <http://www.plantpath.wisc.edu>)

7.3 Penyebab Biotik Penyakit Tanaman

Penyebab penyakit biotik (patogen) meliputi cendawan, bakteri, virus, fitoplasma, nematoda, oomycetes, dan tanaman parasit.

7.3.1 Cendawan

Cendawan adalah organisme yang termasuk dalam kerajaan Fungi. Cendawan tidak memiliki klorofil maupun jaringan transportasi nutrisi. Sebelumnya, cendawan dianggap sebagai tumbuhan tingkat rendah, tetapi saat ini telah diklasifikasikan sebagai kelompok yang terpisah dari tumbuhan. Karena tidak memiliki klorofil, cendawan tidak dapat memproduksi makanan sendiri dan harus mendapatkannya dari sumber lain, baik sebagai saprofit maupun parasit. Sebagian besar jamur yang ada bersifat

saprofit, yaitu memanfaatkan bahan organik yang membusuk. Namun, cendawan parasit yang memperoleh makanan dari tanaman hidup, menjadi perhatian utama dalam bidang fitopatologi.

Cuaca memiliki pengaruh signifikan terhadap perkembangan penyakit yang disebabkan oleh cendawan. Sebagian besar spesies cendawan membutuhkan air dari alam atau tingkat kelembapan tertentu untuk bertumbuh dan berkembang dalam jangka waktu yang cukup lama. Iklim kering cenderung tidak mendukung kelangsungan hidup cendawan. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Xu et al. (2008) menyimpulkan bahwa *Fusarium* sp. yang menyebabkan penyakit hawar daun pada gandum pada dasarnya memiliki tingkat variasi spesies yang lebih tinggi pada cuaca yang fluktuatif. Syahfari et al. (2023) menyimpulkan bahwa faktor suhu berbanding terbalik dengan intensitas serangan cendawan upas (*Corticium* sp.), sedangkan faktor kelembapan berbanding lurus dengan intensitas serangan terhadap tanaman karet.

Struktur utama cendawan terdiri dari filamen bercabang yang disebut miselium, dengan setiap benang tunggalnya dikenal sebagai hifa (jamak: hifae). Sebagian besar jamur berkembang biak melalui spora, yang berbeda dari biji karena hanya mengandung sedikit cadangan makanan. Spora berperan sebagai sarana utama penyebaran cendawan dan dapat tetap tidak aktif hingga kondisi lingkungan mendukung pertumbuhannya. Banyak cendawan bertahan selama musim dingin dalam bentuk struktur buah yang tertanam di jaringan tanaman yang

mati. Saat spora bersentuhan dengan tanaman yang rentan, mereka akan berkecambah dan memasuki inang jika lingkungan mendukung. Dari spora yang berkecambah, hifa mulai tumbuh dan menyerap nutrisi dari sel tanaman inang. Untuk mendukung proses ini, hifa mengeluarkan enzim yang membantu mengurai bahan organik, yang kemudian diserap melalui dinding selnya. Cendawan dapat merusak tanaman dengan membunuh sel atau menyebabkan stres pada tanaman inangnya (Bärlocher, 2007; Boddy et al., 2016; Knogge, 1996; Limbongan et al., 2021a).

Cendawan disebarkan oleh angin, air, tanah, hewan, peralatan, dan bahan tanaman. Patogen ini memasuki tanaman melalui lubang alami seperti stomata dan lentisel dan melalui luka akibat pemangkasan, hujan es, dan kerusakan mekanis lainnya. Cendawan juga dapat menghasilkan enzim yang memecah kutikula tanaman (Fitt et al., 2006; Golan and Pringle, 2017). Cendawan menyebabkan berbagai gejala termasuk bercak daun, daun menggulung, “galls” atau puru, busuk, layu, kanker, dan busuk batang dan akar. Cendawan mungkin bertanggung jawab atas gejala “damping-off” atau rebah kecambah yang terkait dengan stadia pembibitan (Jain et al., 2019; Knogge, 1996).

7.3.1.1 “Damping-off” atau Rebah pada Bibit Tanaman

Rebah dapat menjadi gejala infeksi cendawan pada benih/bibit yang menyebabkan kematian. (Oomycetes, organisme yang mirip cendawan, juga menyebabkan gejala rebah). Bila terinfeksi rebah, benih mungkin gagal berkecambah. Dalam situasi lain, bibit berkembang tetapi

akhirnya tumbang dan mati (Gambar 7.3). Pengamatan bagian batang bibit yang berada di atas permukaan tanah menunjukkan tampilan yang berubah warna dan terlihat seperti habis terjepit. Sebagian besar tanaman rentan terhadap rebah kecambah karena sifat jaringan bibit yang lunak dan belum terdiferensiasi sempurna sehingga lebih rentan terhadap infeksi (Jain et al., 2019; Knogge, 1996). Penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti et al. (2013) menyimpulkan bahwa mekanisme pertahanan alami tanaman tidak mampu mencegah penetrasi cendawan *Fusarium oxysporum*, salah satu cendawan penyebab rebah pada bibit pohon *Acacia mangium*.



Gambar 7. 3. Batang bibit berubah warna menjadi kecoklatan dan bibit rebah.

(Sumber: <https://extension.usu.edu>)

Beberapa jenis cendawan dan organisme mirip cendawan penyebab rebah dapat menginfeksi 5 hingga 80% bibit tanaman budidaya, sehingga menimbulkan konsekuensi kerugian besar bagi petani (Delai et al., 2024).

Metode terbaik untuk mengelola rebah adalah dengan metode preventif atau pencegahan. Misalnya dengan menanam benih di dalam ruangan tertutup yang dikondisikan sesuai lingkungan tumbuh optimal benih/bibit, menggunakan tanah yang disterilisasi atau media tanam, dan pastikan benih/bibit menerima cahaya, air, dan suhu yang optimal untuk perkecambahan dan pertumbuhan yang cepat. Pada budidaya skala rumah tangga, rebah sering kali terjadi karena pencahayaan yang buruk dan penyiraman yang berlebihan. Kondisi ini membuat tanaman stres dan membuat kondisi optimal untuk perkembangan cendawan utamanya yang terbawa tanah sehingga menyebabkan rebah. Penanaman benih pada waktu yang tepat (suhu tanah yang tepat untuk perkecambahan cepat) dan menghindari penyiraman berlebihan pada tahap perkecambahan dan pertumbuhan. Tanaman yang dalam keadaan sehat lebih siap untuk melawan terjadinya infeksi.

Penelitian mengenai pengelolaan cendawan penyebab rebah memerlukan pendekatan pengelolaan hama terpadu (IPM) yang menggabungkan taktik dan strategi pencegahan dan penyembuhan. Mengingat sifat rebah yang kompleks dan banyaknya faktor yang terlibat dalam kejadiannya, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang celah dari faktor-faktor kritis yang kompleks, seperti faktor benih, persemaian, mikroba yang terkait dan interaksinya (Lamichhane et al., 2017).

7.3.1.2 Bercak Daun

Salah satu gejala infeksi cendawan yang paling umum pada tanaman adalah bercak daun. Gejala bercak daun disebabkan oleh beberapa spesies cendawan. Bercak daun cendawan berwarna coklat tua atau merah yang jelas antara jaringan bagian dalam yang mati dan bagian luar yang berwarna hijau pertanda bagian yang sehat.



Gambar 7. 4. Gejala bercak daun pada daun tanaman hias kembang bokor (*Hydrangea* sp.) akibat infeksi *Cercospora* sp.

(Sumber: <https://nwdistrict.ifas.ufl.edu/>)

Struktur reproduksi tubuh buah/sporokarp cendawan biasanya tertanam di jaringan tumbuhan bagian dalam yang mati. Bercak daun biasanya diawali dengan lingkaran berwarna kuning atau merah yang terbentuk di bagian dalam garis pola berwarna coklat pada daun. Lingkaran berwarna kuning tersebut menunjukkan jaringan yang baru saja mati yang pada akhirnya akan mati (berwarna coklat). Siklus cendawan yang menginfeksi jaringan dan membuat pola, lalu memperluas jangkauan infeksinya pada jaringan

daun dan membuat pola baru, membuat infeksi berat cendawan yang satu ini terlihat seperti pola target.

Gejala kekeringan pada daun juga dapat menyebabkan kerusakan yang memperlihatkan bercak pada daun. Apabila spora cendawan patogenik tidak terlihat secara kasat mata pada suatu gejala bercak daun, maka prosedur isolasi dan identifikasi jaringan dari sampel daun bergejala agar gejala bercak daun dapat dikonfirmasi sebagai gejala serangan cendawan patogen. Contoh penyakit bercak daun yang umum di Indonesia adalah penyakit blas, yang disebabkan oleh cendawan *Magnaporthe grisea* (Masnilah et al., 2020) dan bercak daun pada tanaman cabai yang disebabkan oleh *Fusarium* sp (Tubesa et al., 2022).

7.3.1.3 Embun Tepung

Embun tepung memiliki gejala umum terlihatnya spora cendawan berwarna putih atau keabu-abuan pada daun (Gambar 7.5). Cendawan ini tumbuh subur di daerah beriklim hangat dan kering, atau di malam hari pada saat tingkat kelembapan meningkat (Milod et al., 2021; Schnathorst, 1965). Contoh tanaman budidaya yang dapat terserang penyakit embun tepung adalah kedelai, kacang hijau, dan melon (Siadari et al., 2023; Sumartini and Rahayu, 2017).



Gambar 7. 5. Gejala penyakit embun tepung pada tanaman kedelai yang disebabkan oleh cendawan *Microsphaera diffusa*

(Sumber: D Malvick

<https://extension.umn.edu/>)

Manajemen pengendalian difokuskan pada tindakan pencegahan berikut:

- Menghindari pemadatan populasi tanaman agar sirkulasi udara tidak mendukung bagi perkembangan embun tepung.
- Memilih varietas yang tahan jika memungkinkan.
- Menghindari pemberian pupuk nitrogen di akhir musim panas agar tidak mendorong pertumbuhan daun muda yang rentan terhadap embun tepung.
- Menghindari irigasi dari arah di atas permukaan daun agar tidak meningkatkan kelembapan relatif.
- Membuang dan memusnahkan bagian tanaman yang terinfeksi.

7.3.1.4 Kanker

Kanker adalah area cekung dan berubah warna yang ditemukan pada batang, cabang, atau dahan tanaman. Kanker merusak tanaman dengan membunuh jaringan dan melilit jaringan tanaman yang sehat. Kanker yang disebabkan oleh cendawan memperlihatkan adanya spora cendawan pada bagian tubuh tanaman yang terinfeksi. Bagian tubuh tanaman tersebut juga akan berubah warna. Tanaman yang terkena kanker memperlihatkan gejala mati dan mengeringnya dahan, daun yang rontok, dan/atau pertumbuhan yang abnormal pada jaringan tanaman yang terinfeksi (Gambar 7.6). Contoh tanaman yang dapat terserang kanker adalah pohon karet yang terserang *Lasiodiplodia theobromae* (Afriati et al., 2021; Febbiyanti et al., 2019).



Gambar 7. 6. Gejala kanker pada tanaman karet

(Sumber: Febbiyanti et al. (2018))

7.3.1.5 Busuk Akar

Busuk akar merusak tanaman dengan menginfeksi sistem akar. Dua cendawan terbawa tanah yang umum menyebabkan busuk akar adalah *Fusarium* sp. dan *Rhizoctonia* sp. (Gambar 7.7). Gejala yang terlihat pada akar akibat infeksi cendawan tersebut meliputi berubahnya warna jaringan yang terinfeksi menjadi lebih tua jika dibandingkan warna jaringan yang sehat, layu, lembek dan mudah patah. Korteks akar mengelupas, meninggalkan inti akar yang seperti serabut (Bodah, 2017). Daun, batang, dan seluruh tanaman tampak layu secara kasat mata sehingga diduga bahwa tanaman hanya membutuhkan lebih banyak air. Sayangnya, jika ternyata kesimpulan bahwa tanaman kekurangan air adalah kesalahan diagnosa, maka penambahan air malah akan memperparah keadaan tanaman. Sedangkan gejala yang terlihat pada daun bagian bawah dan dalam adalah warna daun yang menguning, lalu coklat dan rontok. Selain itu, tanaman juga dapat tumbuh kerdil. Jika banyak akar yang rusak, tanaman pada akhirnya mati.



Gambar 7. 7. Gejala busuk akar akibat infeksi *Rhizoctonia* sp. pada tanaman tomat. Gejala infeksi hanya terlihat memanjang hingga sekitar 2,5 cm.

(Sumber : Andy Wyenandt dalam <https://plant-pest-advisory.rutgers.edu/>)

Tidak ada tanaman yang dapat bertahan hidup setelah terinfeksi cendawan patogenik busuk akar. Strategi pengelolaan termasuk menghindari penyiraman berlebihan dan memperbaiki drainase tanah. Akar yang stres akibat penyiraman berlebihan atau kekurangan oksigen akan mudah terserang busuk akar, karena cendawan patogenik tersebut berpindah melalui tanah dan air yang lembap. Terkadang, tanaman yang mengalami busuk akar dapat diselamatkan dengan memotong akar yang rusak dan menanamnya kembali tanaman dengan akar yang telah dipotong pada tanah yang kering (Elite Tree Care, 2025).

Pestisida biologis yang mengandung hiperparasit dapat membantu melindungi dari busuk akar. Produk-

produk ini tidak dirancang untuk "menyelamatkan" tanaman dari kerusakan yang berkelanjutan, tetapi berfungsi sebagai tindakan pencegahan. Busuk akar dapat dikelola dengan kombinasi strategi pengelolaan kultural dan melalui penggunaan fungisida. Karena tidak semua fungisida membunuh semua cendawan penyebab busuk akar. Adalah penting untuk mengidentifikasi cendawan patogenik mana yang menginfeksi melalui identifikasi mikroskopis sehingga dapat direkomendasikan produk pengendalian yang tepat (Sundheim and Tronsmo, 2023).

7.3.2 Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal. Bakteri tidak memiliki inti sel yang dilindungi oleh membran dan bereproduksi dengan cara membelah diri menjadi dua bagian yang sama (fisi). Akibatnya, bakteri berkembang biak dan bermutasi dengan cepat. Bakteri berfungsi sebagai parasit atau saprofit. Bakteri dapat menginfeksi semua bagian tanaman. Tidak seperti cendawan, bakteri harus menemukan celah alami untuk masuk. Sel bakteri dapat berpindah dari satu tanaman ke tanaman lain di air, tanah, dan bahan tanaman, seperti cendawan. Namun, bakteri patogenik lebih bergantung pada air. Kondisi harus sangat basah dan/atau lembap agar dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan dan meluas pada inang (Gambar 7.8) (Bradbury, 1986).



Gambar 7. 8. Gejala penyakit kresek pada tanaman padi.

(Sumber : <https://www.agronasa.com/>)

Bakteri bergerak di antara sel-sel tanaman dan mengeluarkan zat-zat yang merusak dinding sel tanaman. Bakteri patogenik memanfaatkan senyawa penyusun dinding sel utamanya protein, sebagai sumber makanan. Beberapa jenis bakteri patogenik tersebut menghasilkan enzim yang memecah jaringan tanaman, sehingga menyebabkan busuk lunak atau hidrosis (Venturi and Fuqua, 2013). Seperti cendawan patogenik, bakteri patogenik juga menyebabkan gejala seperti spot, bercak daun, puru, kanker, layu, dan busuk batang. Bercak daun bakteri tampak berbeda dari bercak daun cendawan karena perkembangan bakteri antarselnya lebih terbatas dibandingkan cendawan. Pada infeksi bakteri, jaringan pembuluh tumbuhan umumnya membatasi perkembangan lesi, sehingga lesi tidak tampak berbentuk bulat, melainkan berbentuk sudut atau tidak teratur (Bradbury, 1986).

Pengidentifikasian awal untuk membedakan gejala penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan cendawan dapat dilakukan dengan membandingkan deskripsi gejalanya. Tabel 7.1 menguraikan gejala-gejala yang dapat digunakan untuk membantu pengidentifikasian.

Beberapa contoh jenis penyakit tanaman yang disebabkan bakteri adalah hawar daun bakteri (kresek) pada tanaman padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Kemudian penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* yang menyebabkan layu bakteri pada lebih dari 200 spesies tanaman, seperti tomat, tembakau, jahe, kentang, kacang tanah, dan terung. Bakteri patogenik ini juga menyebabkan penyakit layu bakteri atau penyakit darah pada tanaman pisang (Hayward, 1985).

Tabel 7. 1. Perbandingan gejala penyakit yang disebabkan oleh cendawan dan bakteri.

Deskripsi Gejala Penyakit	Cendawan	Bakteri
Hidrosis	Tidak ada	Ada
Tekstur	Kering, seperti kertas	Berlendir, lengket
Aroma	Tidak ada	Ada
Pola	Bundar	Tidak beraturan, bersudut.
Disintegrasi	Tidak ada	Ada

Deskripsi Gejala Penyakit	Cendawan	Bakteri
Perubahan warna	Halo berwarna merah, kuning, ungu	Tidak ada
Struktur patogen	Terdapat miselia, spora, dan sporokarp	Tidak ada

Sumber: Mary Small, Colorado State University Extension (2017)

7.3.2 Virus

Virus merupakan partikel berbentuk kristal yang tersusun atas asam nukleat, baik itu asam ribonukleat (RNA) maupun asam deoksiribonukleat (DNA), serta protein. Virus bersifat sebagai parasit obligat, yang artinya hanya dapat hidup dan berkembang biak di dalam sel inang. Partikel virus yang berukuran sangat kecil dapat tersebar di seluruh bagian tanaman dan hanya dapat diamati menggunakan mikroskop elektron (Szyndel, 2003).

Agar dapat berpindah dari satu tanaman ke tanaman lainnya, partikel virus memerlukan vektor dan harus masuk melalui luka pada tanaman. Vektor yang berperan dalam penularan ini umumnya berupa serangga, nematoda, atau manusia. Serangga dan nematoda menularkan virus saat mereka mengonsumsi bagian tanaman, sehingga terbentuklah luka yang memungkinkan masuknya virus. Biasanya, setiap jenis virus tanaman hanya ditularkan oleh satu jenis vektor serangga tertentu. Beberapa contoh vektor

virus adalah kutu daun, wereng, dan thrips, namun tidak semua spesies dari kelompok ini adalah vektor. Manusia dapat menyebarkan virus tanaman melalui berbagai cara, seperti gerakan mekanis dari peralatan yang terinfeksi atau menyentuh tanaman dengan tangan yang terinfeksi. Sebagian kecil virus dapat ditularkan kepada keturunannya melalui biji atau perkembangbiakan vegetatif (Szyndel, 2003).

Virus dapat menyebabkan munculnya gejala bercak, bintik, pola mosaik, kerutan, serta berbagai kelainan lain pada daun dan buah. Virus juga dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Karena virus menyebar secara sistemik dalam jaringan tanaman, tanaman yang telah terinfeksi sebaiknya dicabut atau dimusnahkan untuk mencegah penyebaran lebih lanjut (Gambar 7.9).



Gambar 7. 9. Gejala tungro pada padi.

Penamaan virus biasanya didasarkan pada tanaman pertama yang menjadi inangnya serta jenis gejala yang ditimbulkan. Beberapa contoh virus tanaman diuraikan pada Tabel 7.2.

Tabel 7. 2. Contoh virus tanaman di Indonesia

Nama Virus	Inang	Vektor
Tomato Yellow Leaf Curls Virus (TYLCV)	Tomat	<i>Bemisia tabaci</i>
Chili Leaf Curl (ChLCV)	Cabai, tomat, melon, semangka, lada.	<i>B. tabaci</i>
Tobacco Mozaic Virus (TMV)	Tembakau, terung-terungan	Kutu daun (aphids), wereng
Citrus Tristeza Virus (CTV)	Jeruk	Kutu daun utamanya kutu daun jeruk coklat
Potato Virus Y (PVY)	Kentang, cabai, tomat, tembakau	Kutu daun
Rice Tungro Bacilliform Virus (RTBV)	Padi	Wereng hijau
Rice Dwarf Virus (RDV)	Padi	Wereng (<i>Nephotettix cincticeps</i>)

Sumber: <https://kumparan.com>

7.3.3 Fitoplasma

Fitoplasma adalah organisme yang mirip dengan bakteri, namun tanpa dinding sel dan dapat memiliki

berbagai bentuk. Sebagai parasit obligat, mereka hanya dapat bertahan hidup di dalam tubuh jaringan hidup inangnya. Fitoplasma berkembang di floem tanaman inang dan disebarkan oleh serangga pemakan floem, seperti wereng (Maejima et al., 2014).

Patogen ini dapat menyebabkan gejala seperti penyimpangan morfologi, daun menguning, layu, dan sapu penyihir. Urat daun yang belum berkembang dapat terlihat transparan (disebut *vein-clearing*). Beberapa bagian bunga bisa menjadi vegetatif, dan bunga yang tumbuh akan menghasilkan biji yang tidak subur. Contoh penyakit yang disebabkan oleh fitoplasma adalah layu pada tanaman kelapa dan tunas berumput pada tanaman tebu (Sugarcane Grassy Shoot Disease) (Gambar 7.10).



Gambar 7. 10. Gejala tunas berumput pada tanaman tebu.

(Sumber: Amityadav8 via <https://en.wikipedia.org/>)

7.3.4 Nematoda

Nematoda adalah cacing gelang berukuran mikroskopis yang hidup di tanah, air, dan jaringan

tanaman. Mereka memiliki mulut berbentuk tombak, membutuhkan media air untuk bergerak, dan berkembang biak dengan bertelur. Penyebarannya terjadi melalui air, jaringan tanaman yang terinfeksi, tanah, atau melalui serangga.

Nematoda dapat menimbulkan berbagai gejala pada tanaman, seperti pertumbuhan terhambat, perubahan warna menjadi kuning, dan layu. Beberapa tanaman yang terinfeksi menjadi layu atau mengalami pertumbuhan abnormal, seperti pertumbuhan akar yang seperti simpul. Spesies nematoda dapat bersifat saprofit maupun parasit (Hussey, 1989). Contoh penyakit tanaman yang disebabkan oleh nematoda adalah tanaman gandum yang terserang larva *Anguina tritici* pada daerah titik tumbuhnya. Kemudian *Meloidogyne* spp. yang membentuk puru pada akar tanaman oat, barley, tomat dan kentang (Gambar 7.11).



Gambar 7. 11. Gejala nematoda simpul akar (*M. enterolobii*) pada akar tomat.

(Sumber: T. Schwarz, NC State University)

7.3.5 Oomycetes

Oomycetes adalah patogen tanaman yang mampu menghancurkan lahan pertanian dalam waktu singkat, menyebabkan jaringan tanaman menghitam hanya dalam beberapa hari. Dampaknya terhadap sektor pertanian sangat signifikan.

Dulunya, oomycetes diklasifikasikan sebagai cendawan. Namun, penelitian di bidang molekuler, genetika, dan biokimia telah mengungkap bahwa organisme ini merupakan kelompok yang berbeda, lebih erat kaitannya dengan diatom dan alga coklat. Oomycetes menghasilkan protein efektor yang mampu menekan respons pertahanan tanaman, tetapi dapat dikenali oleh protein resistensi inang yang berevolusi bersamaan. Proses ini sering disebut sebagai 'kompetisi persenjataan', yaitu pertempuran evolusi sistem pertahanan patogen dan tanaman inangnya yang masih terus berlanjut (British Society for Plant Pathology, 2025). Contoh penyakit yang disebabkan patogen ini adalah penyakit busuk daun kentang yang disebabkan oleh *Phytophthora infestans* (Gambar 7.12).



Gambar 7. 12. Infeksi penyakit busuk daun yang disebabkan oleh *P. infestans*.

(Sumber: Howard F. Schwartz, Colorado State University, USA)

7.3.7 Tanaman Parasit

Lebih dari 2.500 spesies tumbuhan tingkat tinggi hidup sebagai parasit pada tumbuhan lain. Seperti tumbuhan pada umumnya, tumbuhan parasit berbunga dan berkembang biak melalui biji. Namun, perbedaannya terletak pada kemampuannya dalam menghasilkan klorofil. Beberapa spesies tumbuhan tidak mampu menghasilkan klorofil sama sekali, sementara yang lain hanya menghasilkan dalam jumlah terbatas. Akibatnya, tumbuhan parasit harus memperoleh nutrisi dari tumbuhan penghasil klorofil agar dapat bertahan hidup.

Penyebaran tumbuhan parasit dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, seperti bantuan hewan, angin, atau

pelepasan biji secara paksa. Contoh tumbuhan parasit meliputi mistletoe kerdil (*Arceuthobium* sp.) dan tali putri (*Cuscuta* sp.) (Gambar 7.13). Mistletoe kerdil memiliki klorofil tetapi tidak berakar, sehingga bergantung pada inangnya untuk memperoleh air dan mineral, meskipun tetap mampu menghasilkan karbohidrat melalui batang dan daunnya yang hijau. Sementara itu, tali putri sepenuhnya bergantung pada inangnya untuk mendapatkan makanan karena tidak mampu memproduksi klorofil sendiri (Geils and Hawksworth, 2002; Mishra, 2009).

Tumbuhan yang terserang parasit cenderung menunjukkan gejala seperti layu, pertumbuhan terhambat, bentuk yang tidak normal, serta klorosis (perubahan warna menjadi kuning). Pada beberapa tanaman, terutama tumbuhan cemara dan pinus (konifer), infeksi parasit dapat menyebabkan munculnya gejala sapu penyihir.



Gambar 7. 13. (A) *Arceuthobium abietinum* memarasit pinus putih (*Abies concolor*); (B) *Cuscuta europaea* memarasit *Sambucus ebulus*.

(Sumber: (A) Stan Shebs <https://en.wikipedia.org/> ;
(B) <https://en.wikipedia.org/>)

DAFTAR PUSTAKA

- Afriati, N., Parawansa, A.K., Haris, A., 2021. Isolasi dan Morfologi Cendawan *Phytophthora palmivora* Butl pada Batang Kakao (*Theobromae cacao* L). AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian 2, 16–22.
- Agrios, G.N., 2005. Plant pathology. Elsevier.
- Bärlocher, F., 2007. Introduction to Fungi. Third Edition. (Book Review) 82, 419. <https://doi.org/10.1086/527594>
- Bodah, E.T., 2017. Root rot diseases in plants: a review of common causal agents and management strategies. Agric. Res. Technol. Open Access J 5, 555661.
- Boddy, L., Watkinson, S.C., Money, N.P., 2016. The fungi, 3rd ed.. ed. Academic Press, Amsterdam, Netherlands.
- Bradbury, J.F., 1986. Guide to plant pathogenic bacteria.
- British Society for Plant Pathology, 2025. Molecular Plant Pathology [WWW Document]. URL https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/13643703/homepage/pathogen_profiles_-_oomycetes.htm (accessed 2.1.25).
- Delai, C., Muhae-Ud-Din, G., Abid, R., Tian, T., Liu, R., Xiong, Y., Ma, S., Ghorbani, A., 2024. A comprehensive review of integrated management strategies for damping-off disease in chili. Front Microbiol 15, 1479957.

- Elite Tree Care, 2025. Root Rot – Causes, Symptoms, Prevention, and Control [WWW Document]. URL <https://www.elitetreecare.com/library/tree-diseases/root-rot/> (accessed 1.31.25).
- Febbiyanti, T.R., Widodo, W., Wiyono, S., Yahya, S., 2019. Pengaruh pH dan waktu penyimpanan terhadap pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* penyebab kanker batang tanaman karet. Jurnal Penelitian Karet 1–10.
- Febbiyanti, T.R., Wiyono, S., Yahya, S., . W., 2018. *Lasiodiplodia theobromae* Fungus Causing Stem Canker Disease on Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*) in Indonesia. Journal of Agronomy 18, 41–48. <https://doi.org/10.3923/ja.2019.41.48>
- Fitt, B.D.L., McCartney, H.A., West, J.S., 2006. Dispersal of foliar plant pathogens: mechanisms, gradients and spatial patterns. The epidemiology of plant diseases 159–192.
- Geils, B.W., Hawksworth, F.G., 2002. Damage, effects, and importance of dwarf mistletoes. In: Geils, Brian W.; Cibrián Tovar, Jose; Moody, Benjamin, tech. coords. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 57-65 98.
- Golan, J.J., Pringle, A., 2017. Long-distance dispersal of fungi. Microbiol Spectr 5, 10–1128.
- Hayward, A.C., 1985. Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in Asia and Australia: an overview. Bacterial wilt disease in Asia and the South Pacific 15–24.

- Hussey, R.S., 1989. Disease-inducing secretions of plant-parasitic nematodes. *Annu Rev Phytopathol* 27, 123–141.
- Jain, A., Sarsaiya, S., Wu, Q., Lu, Y., Shi, J., 2019. A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation. *Bioengineered* 10, 409–424.
- Khanchezar, A., Izadpanah, K., Mirtalebi, M., 2020. Biotic and abiotic factors associated with citrus progressive decline in Fars Province, Iran. *Journal of Phytopathology* 168, 460–468.
- Knogge, W., 1996. Fungal infection of plants. *Plant Cell* 8, 1711.
- Lamichhane, J.R., Dürr, C., Schwanck, A.A., Robin, M.-H., Sarthou, J.-P., Cellier, V., Messéan, A., Aubertot, J.-N., 2017. Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agron Sustain Dev* 37, 1–25.
- Limbongan, A., Young, A., Campbell, S., Galea, V., 2021a. Evaluation of fungi associated with dieback of mimosa bush for woody weed biological control, in: *Australasian Plant Pathology Online Conference*.
- Limbongan, A., Young, A., Campbell, S., Xu, H., Galea, V., 2021b. Investigation of mimosa bush (*Vachellia farnesiana*) dieback.
- Maejima, K., Oshima, K., Namba, S., 2014. Exploring the phytoplasmas, plant pathogenic bacteria. *Journal of General Plant Pathology* 80, 210–221.
- Masnilah, R., Wahyuni, W.S., Majid, A., Addy, H.S., Wafa, A., 2020. Insidensi dan keparahan penyakit penting tanaman padi di Kabupaten Jember. *Agritrop: Jurnal*

Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science) 18, 1–12.

- Milod, N., Saad, G., Khalifa, H.A., 2021. Effect of temperature and relative humidity on conidial germination of the causal agent of cucumber powdery mildew. *Journal of International Medical Research and Health Sciences* 1, 15–25.
- Mishra, J.S., 2009. Biology and management of *Cuscuta* species. *Indian Journal of Weed Science* 41, 1–11.
- Munir, M., 2018. Plant disease epidemiology: disease triangle and forecasting mechanisms in highlights. *Hosts Virus* 5, 7–11.
- Powell, C., 2019. Fungi, Bacteria and Viruses. *Scientific e-Resources*.
- Ramegowda, V., Senthil-Kumar, M., 2015. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *J Plant Physiol* 176, 47–54.
- Schnathorst, W.C., 1965. Environmental relationships in the powdery mildews. *Annu Rev Phytopathol* 3, 343–366.
- Siadari, L.H., Pamekas, T., Nadrawati, N., 2023. Respon Pertumbuhan Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) Terinfeksi Penyakit Embun Tepung Terhadap Aplikasi Cendawan Endofit. *National Multidisciplinary Sciences* 2, 179–184.
- Sumartini, S., Rahayu, M., 2017. Penyakit embun tepung dan cara pengendaliannya pada tanaman kedelai dan kacang hijau. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian* 36, 59–66.

- Sundheim, L., Tronsmo, A., 2023. Hyperparasites in biological control, in: Biocontrol of Plant Diseases. CRC Press, pp. 53–70.
- Syahfari, H., Ramayana, A.S., Suhaimi, A., Hafizah, N., Tirkaamiana, M.T., 2023. Identification of climate influence on Upas fungus (*Corticium* sp.) disease intensity on rubber plants (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.).
- Szyndel, M.S., 2003. Disease: Viruses, in: Roberts, A. V (Ed.), Encyclopedia of Rose Science. Elsevier, Oxford, pp. 180–189.
- Tubeza, Z., Pamekas, T., Handayani, M., 2022. Identifikasi Cendawan pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L) dengan Metode Blotter Test di Stasiun Karantina Pertanian Kelas I Bengkulu, in: Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. pp. 82–86.
- Venturi, V., Fuqua, C., 2013. Chemical signaling between plants and plant-pathogenic bacteria. Annu Rev Phytopathol 51, 17–37.
- Widyastuti, S.M., Tasik, S., Harjono, H., 2013. Infection process of *Fusarium oxysporum* fungus: a cause of damping-off on *Acacia mangium*'s seedlings. AGRIVITA Journal of Agricultural Science 35, 110–118.
- Xu, X.-M., Nicholson, P., Thomsett, M.A., Simpson, D., Cooke, B.M., Doohan, F.M., Brennan, J., Monaghan, S., Moretti, A., Mule, G., 2008. Relationship between the fungal complex causing Fusarium head blight of wheat and environmental conditions. Phytopathology 98, 69–78.

BAB 8

PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN DARI FAKTOR ABIOTIK

Oleh Nurul Wirid Annisaa

8.1 Pendahuluan

Penyakit tanaman menjadi salah satu tantangan terbesar dalam dunia pertanian karena dapat menurunkan hasil panen secara drastis. Secara umum, penyakit tanaman terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu penyakit biotik dan penyakit abiotik. Penyakit biotik disebabkan oleh patogen seperti bakteri, jamur, atau virus, sedangkan penyakit abiotik terjadi akibat faktor lingkungan yang tidak mendukung, seperti kekeringan, suhu ekstrem, atau ketidakseimbangan nutrisi. Tidak seperti penyakit biotik yang dapat menular dari satu tanaman ke tanaman lain, penyakit abiotik bersifat noninfeksius dan biasanya menyerang banyak tanaman secara bersamaan dalam suatu area (Purnomo, 2007).

Meskipun tidak menular, penyakit abiotik tetap berdampak besar pada kesehatan tanaman. Tanaman yang mengalami stres abiotik menjadi lebih rentan terhadap infeksi patogen biotik, sehingga meningkatkan risiko serangan penyakit yang lebih kompleks. Oleh karena itu,

diagnosis yang tepat sangat penting agar strategi pengelolaan yang diterapkan benar-benar efektif dalam mengatasi masalah yang muncul.

Memahami penyakit abiotik bukan hanya penting untuk mencegah kerusakan tanaman, tetapi juga untuk menjaga produktivitas pertanian dalam jangka panjang. Stres lingkungan yang tidak terkendali dapat menurunkan kualitas hasil panen, bahkan berpotensi menyebabkan gagal panen. Untuk itu, identifikasi faktor penyebab, mekanisme gangguan fisiologis, serta strategi mitigasi yang tepat menjadi kunci dalam menciptakan sistem pertanian yang lebih tangguh dan berkelanjutan. Bab ini akan membahas berbagai faktor abiotik yang memengaruhi kesehatan tanaman, gejala yang ditimbulkan, serta langkah-langkah pengelolaan yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampaknya.

8.2 Faktor Utama Penyebab Penyakit Abiotik

Penyakit abiotik pada tanaman disebabkan oleh tekanan lingkungan yang menghambat pertumbuhan dan perkembangan. Beberapa faktor utama yang menyebabkan stres pada tanaman meliputi kekeringan, salinitas, suhu ekstrem, paparan logam berat, serta defisiensi atau ketidakseimbangan unsur hara (Habib et al., 2021; Mir et al., 2022). Kondisi ini tidak hanya memengaruhi pertumbuhan vegetatif tetapi juga dapat mengurangi hasil panen secara signifikan.

Tanaman yang mengalami stres akibat faktor abiotik umumnya menunjukkan gejala khas seperti layu, nekrosis, klorosis, serta deformasi organ. Misalnya, kekeringan menyebabkan penurunan tekanan turgor sel yang menghambat proses fotosintesis dan metabolisme, sementara kadar garam yang tinggi dalam tanah dapat mengganggu keseimbangan ion di dalam sel, mengakibatkan toksisitas serta gangguan penyerapan nutrisi (Wang et al., 2018). Selain itu, suhu ekstrem baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat merusak enzim dan membran sel, yang berakibat pada perlambatan pertumbuhan dan peningkatan kerentanan terhadap serangan patogen sekunder (Chinnusamy et al. 2007).

Faktor lain seperti akumulasi logam berat dan ketidakseimbangan nutrisi juga berkontribusi terhadap gangguan fisiologis pada tanaman. Paparan logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dapat menghambat fungsi enzim dan merusak struktur sel, yang pada akhirnya berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Gupta et al., 2019). Di sisi lain, kekurangan unsur makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun menguning, serta penurunan produksi biomassa (Hawkesford et al., 2012).

8.2.1 Suhu

Suhu ekstrem, baik panas maupun dingin, dapat meningkatkan kerentanan tanaman terhadap patogen. Ketika suhu lingkungan berada di luar kisaran yang dapat ditoleransi oleh tanaman, sistem pertahanan alami tanaman dapat melemah, sehingga rentan terhadap infeksi.

Misalnya, suhu tinggi yang berkepanjangan menyebabkan tanaman mengalami stres, menghambat pembentukan senyawa pertahanan, dan mempercepat perkembangan patogen tertentu. Sebaliknya, suhu rendah dapat merusak jaringan tanaman, memperlambat metabolisme, serta meningkatkan risiko serangan penyakit akibat kelembaban tinggi di sekitar tanaman.

Setiap jenis tanaman memiliki kisaran suhu optimum untuk menjalankan proses fisiologisnya, seperti fotosintesis, respirasi, dan penyerapan nutrisi. Jika suhu lingkungan melampaui batas optimum, pertumbuhan tanaman dapat terganggu berakibat pada penurunan produktivitas dan kualitas hasil panen.

Suhu tinggi. Dampak suhu tinggi menyebabkan kelayuan hingga kematian pada tanaman. Pada fase ini, suhu ekstrem dapat menonaktifkan beberapa enzim sekaligus mempercepat enzim lain untuk bekerja. Penelitian menunjukkan bahwa stres panas memicu respon berbeda pada tanaman, dengan faktor transkripsi HSFA1 berperan sebagai pengatur utama dalam sinyal suhu tinggi (Raturi & Zinta, 2024), yang menghubungkan respon morfologi dengan toleransi panas.

Selain itu, suhu ekstrem juga memengaruhi prevelensi dan penyebaran patogen tanaman. Misalnya genus *Aspergillus* mencakup beberapa spesies patogen penting yang sering menginfeksi tanaman pertanian, perkembangannya dipengaruhi oleh perubahan suhu (Zakaria, 2024).

Selain dampak fisiologis dan peningkatan risiko infeksi patogen, suhu ekstrem yang tinggi juga dapat menyebabkan gangguan pada proses fotosintesis (Faralli et al., 2021). Suhu yang terlalu tinggi dapat merusak protein fotosistem II (PSII), yang berperan dalam menangkap energi cahaya untuk proses fotosintesis (Moore et al., 2021). Akibatnya, efisiensi fotosintesis menurun, produksi ATP dan NADPH terganggu, serta akumulasi stres oksidatif meningkat. Selain itu, suhu tinggi juga memicu penutupan stomata sebagai respons untuk mengurangi air, yang sekaligus membatasi asupan karbon dioksida yang diperlukan dalam fiksasi karbon.

Tanaman memiliki mekanisme untuk menghadapi stres suhu dan infeksi patogen. Bakteri rhizosfer yang lebih dikenal dengan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), seperti *Pseudomonas* spp., dapat membantu tanaman bertahan dalam kondisi ekstrem dengan menginduksi resistensi sistemik dan menghambat pertumbuhan patogen (Mehmood et al., 2023). Namun, mekanisme pertahanan tanaman akan tetap patah apabila suhu tinggi berlangsung dalam waktu lama, melebihi ambang toleransi fisiologis tanaman sehingga menyebabkan denaturasi protein, ketidakseimbangan metabolisme, dehidrasi ekstrem akibat peningkatan transpirasi, serta akumulasi radikal bebas (ROS) yang merusak sel secara permanen.

Suhu rendah. Suhu rendah memiliki dampak yang kompleks terhadap perkembangan penyakit tanaman, dengan efek yang bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan patogen. Di negara empat musim, suhu rendah dapat

memengaruhi penyerapan air oleh tanaman karena lapisan beku (*frost*) yang menghalangi penyerapan air lewat akar dan menghambat proses transpirasi oleh daun (Purnomo, 2007). Penelitian lain menyebutkan bahwa *Botrytis cinerea* yang merupakan patogen penyebab jamur abu-abu (*gray mold*) dapat tumbuh dan menginfeksi inang pada suhu rendah dan kelembaban yang cukup tinggi (Yang et al., 2024). Purwantisari et al. (2016) juga menyebutkan bahwa perkecambahan spora patogen hawar daun kentang dapat terjadi pada suhu 3-26°C, yang mengartikan spora dapat berkembang biak dengan baik dari suhu rendah hingga suhu sedang. Cekaman abiotik akibat suhu rendah pada beberapa tanaman pertanian di Indonesia tidak terlalu meluas, mengingat Indonesia memiliki iklim tropis. Namun, di daerah dataran tinggi yang banyak membudidayakan padi sawah, sering muncul permasalahan seperti tingginya tingkat kehampaan gabah, rendahnya hasil panen, dan masa pertumbuhan tanaman yang lebih panjang, melebihi 6 bulan (Abid et al., 2017).

8.2.2 Kelembaban

Kelembaban yang tinggi meningkatkan kandungan air dalam jaringan tumbuhan terutama pada daun, batang, dan akar. Hal ini dipengaruhi oleh kerapatan tanaman, iklim dan cuaca, irigasi yang berlebihan, maupun lingkungan buatan seperti rumah kaca maupun pohon pelindung. Saat kelembaban udara tinggi, tekanan uap air di sekitar tanaman lebih besar maka laju transpirasi berkurang. Dengan transpirasi yang lebih rendah, air yang diambil dari akar lebih banyak tertahan dalam jaringan sehingga meningkatkan kandungan air dalam sel.

Transpirasi yang lebih rendah juga mengurangi aliran nutrisi melalui jaringan tanaman. Beberapa patogen yang bergantung pada pergerakan air dalam tanaman berkembang lebih lambat jika jalur penyebaran melalui xilem terhambat. Kandungan air yang meningkat mengakibatkan jaringan tanaman melunak sehingga menciptakan kondisi ideal bagi beberapa patogen.

Kelembaban merupakan salah satu syarat utama dalam pertumbuhan, sporulasi, dan infeksi patogen terhadap inangnya. Hal ini sangat berpengaruh pada laju perkembangan penyakit, daya tahan spora, serta kemampuan patogen untuk menembus jaringan tanaman.

Berbagai penyakit yang berkembang saat kelembaban udara tinggi yaitu; (1) Layu *Fusarium* pada tanaman cabai yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* yang merupakan ancaman serius bagi produktivitas tanaman sayuran di berbagai negara (Attia et al., 2022); (2) Penyakit *grey mold* yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea* pada buah apel *golden delicious* pasca panen. Kelembaban tinggi selama penyimpanan dapat memicu perkembangan penyakit (Elkhairy et al., 2023).

Namun, pengaruh kelembaban terhadap penyakit tanaman bersifat kompleks dan bergantung pada jenis patogen serta kondisi lingkungan lainnya. Penyakit bercak daun *alternaria* serta penyakit empun tepung yang menyerang beberapa tanaman hortikultura dapat hidup pada kelembaban yang rendah 40-60%.

8.2.3 Tanah dan Air

Tanah merupakan faktor utama dalam pertumbuhan tanaman. Stres abiotik yang disebabkan oleh kurang optimalnya tanah yang digunakan meliputi tanah defisit air, berlebih air, kekurangan maupun kelebihan nutrisi serta salinitas tanah. Kekurangan air pada tanah menyebabkan layu pada tanaman akan memicu akumulasi senyawa asam absisat (ABA) yang memperlambat pertumbuhan tanaman sebagai bagian dari respon adaptif tanaman (Brookbank et al., 2021). Kekeringan ini memengaruhi pertumbuhan tanaman baik penurunan hasil, aktifitas fisiologis dan morfologis hingga kematian pada tanaman.

Tanah dengan kelebihan air memiliki dampak berbeda dengan kekurangan air. Tanah dengan kelebihan air mengakibatkan kurangnya oksigen dalam zona perakaran. Pada kondisi normal, akar menyerap oksigen melalui pori-pori tanah. Namun, jika tanah tergenang air akan terjadi hipoksia (kekurangan oksigen). Kondisi ini menghambat proses respirasi akar, yang menyebabkan energi yang dihasilkan untuk tanaman tidak cukup untuk pertumbuhan. Lebih lanjut, keberadaan air juga memicu pencucian unsur hara esensial seperti nitrogen, kalium, dan magnesium. Hal ini mengakibatkan gejala defisiensi serta pertumbuhan yang terhambat.

Kelebihan air di tanah tidak hanya berdampak pada kedua hal tersebut, tetapi juga menciptakan lingkungan ideal bagi patogen perakaran seperti *Phytophthora*, *Pythium*, dan *Fusarium* yang menyebabkan busuk akar dan layu pada tanaman. Mikroorganisme bermanfaat seperti *Rhizobium* yang membantu fiksasi nitrogen juga mengalami

penurunan populasi karena rendahnya kandungan oksigen dalam tanah.

Tanah dengan defisiensi nutrisi tidak dapat menyediakan unsur hara yang cukup, sehingga menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman, sehingga pertumbuhan dan produksinya terganggu. Misalnya, kekurangan nitrogen (*N*) dapat menyebabkan daun menguning dan tanaman tumbuh kerdil, sedangkan defisiensi fosfor (*P*) membuat akar tidak berkembang dengan baik dan batang menjadi lemah. Kekurangan kalium (*K*) mengurangi ketahanan tanaman terhadap penyakit dan membuat daun tua mengering. Selain itu, unsur mikro seperti besi (*Fe*) dan seng (*Zn*) juga penting, karena defisiensinya dapat menyebabkan klorosis atau gangguan metabolisme. Jika kekurangan hara ini berlangsung lama tanpa intervensi seperti pemupukan yang tepat, tanaman akan mengalami stres dan hasil panen menurun secara signifikan.

Di sisi lain, kelebihan nutrisi juga dapat menimbulkan masalah bagi tanaman dan ekosistem tanah. Pemupukan yang berlebihan, terutama nitrogen dan fosfor, menyebabkan toksisitas hara, di mana tanaman menyerap nutrisi dalam jumlah berlebihan yang justru menghambat pertumbuhannya. Misalnya, kelebihan nitrogen dapat memicu pertumbuhan daun yang berlebihan tetapi membuat tanaman lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Fosfor yang terlalu banyak dapat menghambat penyerapan unsur lain seperti seng dan besi, yang berakibat pada defisiensi sekunder. Selain itu, akumulasi garam akibat pemupukan berlebihan dapat

meningkatkan salinitas tanah, membuat tanaman sulit menyerap air dan menyebabkan layu. Oleh karena itu, keseimbangan nutrisi tanah perlu dijaga melalui pemupukan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi tanah agar hasil pertanian tetap optimal.

Faktor terakhir yang mengganggu kondisi tanah adalah salinitas, yaitu tingginya kandungan garam dalam tanah. Salinitas diukur berdasarkan konduktivitas listrik (*Electrical Conductivity* atau EC), di mana tanah dikategorikan sebagai lahan salin jika EC melebihi 4 dS/m pada ekstrak jenuh tanah. Konsentrasi garam yang tinggi menyebabkan stres osmotik, sehingga tanaman kesulitan menyerap air meskipun tersedia dalam tanah.

Salinitas dapat terjadi secara alami akibat penguapan air tanah di daerah kering atau semi-kering yang meninggalkan garam di permukaan. Selain itu, faktor manusia seperti penggunaan air irigasi dengan kadar garam tinggi, pemupukan berlebihan, dan sistem drainase yang buruk juga berkontribusi terhadap peningkatan kadar garam dalam tanah. Akibatnya, tanaman mengalami gangguan fisiologis, seperti *klorosis* (daun menguning), *nekrosis* (tepi daun mengering), pertumbuhan akar terhambat, dan penurunan hasil panen.

8.2.4 Kerusakan Akibat Bahan Kimia

Kerusakan akibat bahan kimia terjadi ketika tanaman terpapar zat beracun dari logam berat, pestisida, herbisida, atau polutan industri. Paparan ini dapat mengganggu

proses fisiologis dan biokimia tanaman, menyebabkan pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS), kerusakan membran sel, serta penurunan efisiensi fotosintesis, yang berdampak signifikan pada pertumbuhan dan hasil panen (Rajput et al., 2021).

Peningkatan produksi ROS, seperti radikal hidroksil (OH), superoksida (O_2^-), dan hidrogen peroksida (H_2O_2), dapat merusak protein, DNA, dan membran sel tanaman. Jika jumlah ROS berlebihan dan mekanisme detoksifikasi tidak memadai, kerusakan oksidatif akan semakin parah, mempercepat penuaan (*senescence*), bahkan menyebabkan kematian sel (*apoptosis*).

Selain gangguan fisiologis dan biokimia, stres akibat bahan kimia juga memengaruhi ekosistem tanah. Kontaminasi logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan arsenik (As) dapat mengubah keseimbangan mikrobiota tanah, menghambat aktivitas mikroorganisme menguntungkan seperti *Rhizobium* dan *Mycorrhiza*, yang berperan dalam fiksasi nitrogen dan penyerapan fosfor. Akibatnya, tanaman mengalami defisiensi nutrisi yang semakin memperburuk stres lingkungan.

Faktor lain yang memperparah kondisi ini adalah salinitas tanah akibat penggunaan pupuk atau air irigasi berkadar garam tinggi. Kelebihan garam mengganggu keseimbangan ion dalam sel tanaman, meningkatkan tekanan osmotik, dan menyebabkan dehidrasi. Untuk mengatasi dampak buruk ini, diperlukan strategi adaptasi seperti fitoremediasi, yaitu penggunaan tanaman untuk menyerap polutan, serta aplikasi bahan organik guna meningkatkan kapasitas adsorpsi tanah. Selain itu,

pengelolaan pupuk dan pestisida yang lebih bijaksana sangat penting agar tanaman tetap tumbuh optimal meskipun dalam lingkungan yang tercemar.

Penggunaan pestisida yang berlebihan atau tidak tepat dapat menyebabkan stres abiotik pada tanaman serta menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satu efek langsungnya adalah fitotoksisitas, yaitu keracunan tanaman akibat residu pestisida yang terlalu tinggi. Fitotoksisitas ini dapat menghambat proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, dan pembelahan sel, yang berujung pada gejala seperti daun menguning (klorosis), bercak nekrosis, pertumbuhan terhambat, dan bahkan kematian tanaman. Beberapa jenis pestisida juga dapat mempengaruhi hormon pertumbuhan tanaman, yang menyebabkan deformasi daun, gagal berbunga, atau penurunan produksi buah.

Selain merusak tanaman, penggunaan pestisida yang tidak terkendali juga berdampak buruk bagi tanah dan mikroorganisme tanah. Pestisida dapat membunuh mikroba menguntungkan seperti *Rhizobium* (bakteri pengikat nitrogen) dan *Trichoderma* (jamur antagonis), yang berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan menekan patogen tanaman. Akibatnya, ekosistem tanah menjadi tidak seimbang, membuat tanaman lebih rentan terhadap serangan penyakit dan kekurangan nutrisi. Selain itu, residu pestisida yang mencemari tanah dan air dapat terakumulasi dalam rantai makanan, membahayakan kesehatan manusia dan hewan.

8.2.5 Perlakuan Pertanian

Perlakuan pertanian merupakan hasil dari berbagai tindakan yang dilakukan oleh petani dalam mengelola lahan dan tanaman. Namun, dalam praktiknya, sering kali terjadi kesalahan yang dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman dan keseimbangan ekosistem. Salah satu contoh yang umum terjadi adalah penggunaan alat pertanian yang tidak sesuai, seperti pembajakan yang berlebihan sehingga menyebabkan degradasi struktur tanah. Selain itu, teknik irigasi yang tidak tepat juga dapat mengakibatkan erosi atau genangan air yang berdampak buruk pada perakaran tanaman.

Kesalahan dalam penggunaan alat, penyalahgunaan bahan kimia pertanian juga menjadi faktor utama yang berkontribusi terhadap permasalahan di sektor pertanian. Penggunaan pestisida yang melebihi dosis anjuran dapat merusak organisme non-target, mencemari lingkungan, dan menyebabkan resistensi hama. Demikian pula, pemakaian pupuk secara berlebihan meningkatkan kadar garam dalam tanah, yang pada akhirnya menghambat penyerapan unsur hara.

8.3 Mekanisme Adaptasi Tanaman

Tanaman hidup di lingkungan yang selalu berubah, termasuk berbagai tekanan dari faktor abiotik seperti suhu ekstrem, kekeringan, salinitas, serta paparan logam berat. Untuk bertahan dalam kondisi ini, tanaman memiliki mekanisme adaptasi yang kompleks dan terkoordinasi dengan baik. Mekanisme ini melibatkan perubahan pada

tingkat morfologi, fisiologi, biokimia, dan molekuler, yang memungkinkan tanaman tetap tumbuh dan berkembang meskipun berada dalam kondisi lingkungan yang menantang.

Salah satu strategi yang dikembangkan tanaman adalah beradaptasi melalui interaksi dengan mikroorganisme tertentu. Mikroorganisme yang mampu hidup dalam kondisi ekstrem, seperti suhu dingin (*cold-adapted microorganisms*), dapat berfungsi sebagai agen pengendali hayati (*biocontrol agents*). Mikroba ini berperan dalam melindungi tanaman dari serangan patogen dengan cara langsung maupun tidak langsung. Mereka dapat menghasilkan metabolit sekunder seperti antibiotik, siderofor, dan senyawa penghambat *quorum sensing*, yang mencegah komunikasi antarpatogen sehingga mengurangi infeksi pada tanaman (Torracchi et al., 2020).

8.3.1 Mekanisme Biokimia dan Fisiologi dalam Adaptasi Tanaman

Tanaman tidak hanya bergantung pada mikroorganisme untuk bertahan dalam kondisi lingkungan ekstrem, tetapi juga memiliki mekanisme adaptasi internal yang membantu mereka melawan stres abiotik. Salah satu contoh penting adalah akumulasi antosianin, pigmen alami yang memberikan warna merah, ungu, atau biru pada tanaman. Selain berfungsi sebagai pelindung dari radiasi UV, antosianin juga bertindak sebagai antioksidan, menetralkan spesies oksigen reaktif (*Reactive Oxygen Species* atau ROS), yang dihasilkan ketika tanaman mengalami stres. Dengan demikian, antosianin melindungi sel dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan ketahanan

tanaman terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem (Zhou et al., 2023)

Selain antosianin, eksudasi asam organik, seperti asam sitrat, juga menjadi salah satu strategi utama dalam menghadapi stres abiotik. Asam sitrat membantu tanaman dalam detoksifikasi logam berat, yang sering kali ditemukan dalam tanah yang terkontaminasi. Proses ini terjadi melalui tiga mekanisme utama: presipitasi ion logam, pengkelatan (chelation), dan sekuestrasi ion logam ke dalam vakuola. Dengan mekanisme ini, tanaman mampu mengurangi toksisitas logam berat dan tetap menjalankan proses metabolisme secara normal (Tahjib-Ul-Arif et al., 2021).

8.3.2 Peran Mikroba dalam Adaptasi Tanaman

Selain adaptasi internal, tanaman juga dapat meningkatkan daya tahannya terhadap stres lingkungan dengan memanfaatkan mikroba tanah yang bersimbiosis dengan akar tanaman. Salah satu kelompok mikroba yang berperan penting dalam hal ini adalah bakteri rhizosfer pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR seperti *Pseudomonas spp.* berkontribusi terhadap ketahanan tanaman melalui berbagai mekanisme, di antaranya: 1). Produksi hormon pertumbuhan-PGPR dapat merangsang produksi auksin dan sitokinin, yang meningkatkan pertumbuhan akar dan daya serap tanaman terhadap air serta nutrisi; 2). Pemecahan dinding sel patogen – Beberapa PGPR menghasilkan enzim seperti kitinase dan glukonase, yang mampu merusak dinding sel patogen dan mencegah infeksi.; dan 3). Induksi resistensi sistemik (ISR)-PGPR dapat

memicu mekanisme pertahanan tanaman secara sistemik, membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan patogen maupun tekanan lingkungan (Mehmood et al., 2023). Melalui kerja sama dengan mikroba tanah, tanaman tidak hanya mampu mengatasi cekaman lingkungan, tetapi juga meningkatkan pertumbuhan dan produktivitasnya, bahkan di lahan yang kurang subur.

8.3.3 Dampak Adaptasi Tanaman terhadap Produksi Pertanian

Adaptasi tanaman terhadap stres abiotik memiliki dampak langsung terhadap produktivitas pertanian. Tanaman yang memiliki toleransi lebih tinggi terhadap cekaman lingkungan dapat menghasilkan panen yang lebih stabil meskipun kondisi lingkungan kurang ideal. Oleh karena itu, pemahaman terhadap mekanisme adaptasi ini menjadi dasar dalam pengembangan varietas tanaman unggul yang lebih tahan terhadap kekeringan, suhu ekstrem, dan salinitas.

Di era perubahan iklim, strategi adaptasi tanaman yang melibatkan modifikasi genetik, penggunaan mikroba tanah, serta aplikasi bahan organik menjadi solusi penting dalam mempertahankan produktivitas pertanian. Melalui pendekatan yang berkelanjutan, kita dapat memastikan bahwa pertanian tetap produktif dan mampu menghadapi tantangan lingkungan yang semakin berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Waas, E. & Juradi, M.A. 2017. Pengaruh Cekaman Abiotik dan Upaya Pengelolannya pada Tanaman Padi Sawah. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Pros Maluku 17, hal. 367.
- Attia, M. S., Salem, M. S. & Abdelaziz, A. M. 2022. Endophytic fungi *Aspergillus* spp. reduce fusarial wilt disease severity, enhance growth, metabolism and stimulate the plant defense system in pepper plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(14), 16603–16613. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03607-6>
- Chinnusamy V, Zhu J, Zhu JK. 2007. Cold stres regulation of gene expression in plants. *Trends Plant Sci.* (10):444-51.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.07.002>
- Brookbank, B. P., Gazzarrini, S., Patel, J. & Nambara, E., 2021. Role of Basal ABA in Plant Growth and Development. *Genes*, 12(12), 1936. <https://doi.org/10.3390/genes12121936>
- Elkhairy, B. M. et al., 2023. Towards unlocking the biocontrol potential of *Pichia kudriavzevii* for plant fungal diseases: in vitro and in vivo assessments with candidate secreted protein prediction. *BMC Microbiology*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-023-03047-w>

- Faralli, M., Bontempo, L., Bianchedi, P.L., Moser, C., Bertamini, M., Lawson, T., Camin, F., Stefanini, M. and Varotto, C. (2021) 'Natural variation in stomatal dynamics drives divergence in heat stress tolerance and contributes to the seasonal intrinsic water-use efficiency in *Vitis vinifera* (subsp. *sativa* and *sylvestris*)', *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab552>
- Gupta, D.R., Avila, C.S.R., Win, J., Soanes, D.M., Ryder, L.S., Croll, D., Bhattacharjee, P., Hossain, M.S., Mahmud, N.U., Meheub, M.S., Surovy, M.Z., Rahman, M.M., Talbot, N.J., Kamoun, S. and Islam, M.T., 2019. Cautionary notes on use of the MoT3 diagnostic assay for *Magnaporthe oryzae* wheat and rice blast isolates. *Phytopathology*, **109**(4), pp.504–508. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-18-0199-LE>
- Habib, S., Lwin, Y. Y. & Li, N., 2021. Down-Regulation of *SIGRA10* in Tomato Confers Abiotic Stress Tolerance. *Genes*, **12**(5). <https://doi.org/10.3390/genes12050623>
- Hawkesford, M, Horst, W, Kichey, TMR, Lambers, H, Schjørring, JK, Møller, IS & White, P. 2012. Functions of macronutrients. in P Marschner (ed.), *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3 edn, Elsevier, pp. 135-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>

- Mehmood, A., Liu, S., Wang, Y., Meng, H., Wang, L., & Liu, Y. (2023). Multifaceted Impacts of Plant-Beneficial *Pseudomonas* spp. in Managing Various Plant Diseases and Crop Yield Improvement. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1198131. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1198131>
- Mir, R. A. et al., 2022. Multidimensional Role of Silicon to Activate Resilient Plant Growth and to Mitigate Abiotic Stres. *Frontiers in Plant Science*, 13(6). <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.819658>
- Moore, C.E., Meacham-Hensold, K., Lemonnier, P., Slattey, R.A., Benjamin, C., Bernacchi, C.J., Lawson, T. and Cavanagh, A.P. (2021) 'The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: from enzymes to ecosystems', *Journal of Experimental Botany*, 72(8), pp. 2822–2844. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab090>.
- Purwantisari, 2016. Masa Inkubasi Gejala Penyakit Hawar Daun Tanaman Kentang yang Diinduksi Ketahanannya oleh Jamur Antagonis *Trichoderma viride*. <https://doi.org/10.1470/bioma>
- Purnomo, B., 2007. Penyakit biotik dan abiotik. *Diakses dari*: <https://adoc.pub/iii-penyakit-biotik-dan-abiotik.html> (Tanggal 15 Januari 2025).
- Rajput, V. D. et al., 2021. Coping with the Challenges of Abiotic Stres in Plants: New Dimensions in the Field Application of Nanoparticles. *Plants*, 10(6), 1221. <https://doi.org/10.3390/plants10061221>

- Raturi, V. & Zinta, G. (2024) 'HSFA1 heat shock factors integrate warm temperature and heat signals in plants', *Trends in Plant Science*, 29(7). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2024.07.002>.
- Torracchi, C. J. E. et al., 2020. Fighting plant pathogens with cold-active microorganisms: biopesticide development and agriculture intensification in cold climates. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(19), 8243–8256. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10812-8>
- Wang, J. et al., 2018. Comparative transcriptome analysis reveals molecular response to salinity stress of salt-tolerant and sensitive genotype of indica rice at seedling stage. *Scientific Reports*, 8:2085. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19984-w>
- Yang, Y., Zhang, Y., Li, B., Yang, X., & Zhang, D. (2024). 'Combined effects of temperature and humidity on the interaction between tomato and *Botrytis cinerea* revealed by integration of histological characteristics and transcriptome sequencing', *Frontiers in Plant Science*, 15, 112233. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.112233>

BAB 9

KONSEP TIMBULNYA GANGGUAN ORGANISME PENGANGGU TANAMAN

Oleh Yuliana Susanti

9.1 Pendahuluan

Sejak dimulainya agroekosistem sekitar 10.000 tahun yang lalu, petani harus bersaing dengan organisme lain seperti hama (serangga), patogen, gulma, dan satwa liar untuk menjamin ketahanan pangan. Penyebab hilangnya panen disebabkan oleh faktor “biotik” (makhluk hidup) maupun faktor “abiotik” (benda tak hidup) yang dapat menjadi pemicu stres pada tanaman, contohnya kekeringan, suhu ekstrem, defisiensi unsur hara, dan radiasi tinggi atau rendah. Faktor biotik dan abiotik sering kali secara bersama-sama membatasi hasil panen secara signifikan. Tumbuhan menyumbang 80 % kalori harian dan menghasilkan 98% oksigen yang kita hirup. Namun, kesehatan tanaman terancam karena gangguan oleh faktor biotik dan abiotik dan tanaman memerlukan transformasi untuk mempertahankan meningkatnya permintaan akan makanan, pakan, serat dan bahan bakar. Pada tahun 2050, produksi pangan global perlu ditingkatkan hingga 50%

untuk memenuhi kebutuhan populasi yang terus bertambah dengan perkiraan mencapai 10 miliar pada tahun 2050 (FAO, 2022).

Organisme pengganggu tanaman (OPT) yang meliputi hama, penyakit dan gulma merupakan ancaman serius terhadap ketahanan pangan, perdagangan, dan mata pencaharian secara global. Setiap tahun sebesar 40% tanaman pangan mengalami penurunan hasil panen akibat hama dan penyakit tanaman. Kerugian ekonomi global ditaksir mencapai lebih dari USD 220 miliar akibat penyakit tanaman dan sebesar 70 miliar akibat serangan invasif. Cuaca yang tidak menentu terkait pemanasan global menciptakan kondisi ideal bagi organisme pengganggu tanaman (Nurmansyah, 2022).

9.2 Organisme Pangganggu Tanaman

Organisme pengganggu tanaman (OPT) adalah setiap organisme yang dapat mengganggu pertumbuhan atau perkembangan tanaman sehingga tanaman menjadi rusak, pertumbuhannya terhambat dan dapat menyebabkan kematian pada tumbuhan. Undang-undang No. 12 tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman menyatakan bahwa organisme pengganggu tanaman adalah semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan atau menyebabkan kematian tumbuhan (Sembel, 2012). Organisme pengganggu tanaman dapat dikelompokkan sebagai berikut:

9.2.1 Hama

Hama merupakan faktor terpenting yang menyebabkan kerugian terhadap hasil dan kualitas suatu produk. Tumbuhan yang kita gunakan sebagai sumber makanan sensitif terhadap 80.000 hingga 100.000 penyakit yang disebabkan oleh bakteri, jamur, virus, mikoplasma, rickettsia, alga, dan tumbuhan parasit tingkat tinggi, dan bersaing dengan 30.000 spesies gulma; beberapa spesies dari 3.000 nematoda menginfeksi tanaman dan lebih dari 1000 diantaranya menyebabkan kerusakan parah, dan 10.000 spesies yang memakan tanaman dari 800.000 spesies serangga menyebabkan kerusakan tanaman yang parah diseluruh dunia. Diperkirakan bahwa hama, penyakit, dan gulma menyebabkan hilangnya 31-42% dari semua tanaman yang diproduksi didunia setiap tahun. Sementara kehilangan tanaman lebih rendah dinegara-negara maju, namun lebih tinggi dinegara-negara yang sedang berkembang. Kehilangan hasil panen dunia mencapai lebih kurang 36,5% yang disebabkan oleh gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti hama sebesar 14,1% penyakit sebesar 10,2% dan gulma sebesar 12,2 (Yildirim, 2023).

Hama adalah spesies yang keberadaannya bertentangan dengan keuntungan, kenyamanan, atau kesejahteraan manusia. Organisme tersebut terutama mencakup serangga tertentu, nematoda, virus, viroid, rickettsia, bakteri, jamur, gulma, burung, hewan pengerat, tumbuhan atau hewan darat atau air. Hama adalah organisme hidup yang menyebabkan kerugian ekonomi dan sumber daya (tanaman, hewan, bangunan, pakaian,

dan properti lainnya) bagi kepentingan manusia. Kerugian ekonomi dari hama seperti serangga dapat berfungsi sebagai penular penyakit pada tanaman, menurunkan kualitas produk yang disimpan, dan mengurangi hasil dan pendapatan. Namun serangga dapat memberikan keuntungan bagi manusia seperti serangga sebagai penyerbukan, sebagai sumber produk yang bermanfaat, sebagai makanan bagi hewan, sebagai makanan bagi manusia, pengendalian hama secara alami, dan penggunaan lainnya (Paulite, 2021)

Contoh serangga yang merugikan pada tanaman



Gambar 9. 1. Serangga penusuk dan penghisap/pengisap getah (Kutu daun, wereng, lalat buah, thrips, serangga sisik, kutu putih, kutu sejati, tungau dll)

(Sumber: Pincus *et al.* 2021)



Gambar 9. 2. Serangga penggerek daun/serangga mengunyah (Ulat (cacing tentara), ulat potong, belalang, belatung, kumbang tutul, kumbang kutu, ulat tanduk, penggerek daun, dan kumbang lainnya).

(Sumber: Pincus *et al.* 2021)



Gambar 9. 3. Serangga penggerek Tanaman (Kumbang penggerek, ulat potong, penggerek polong, penggerek buah dan pucuk, lalat batang/kacang, ngengat)

(Sumber: Pincus *et al.* 2021)

Contoh serangga yang bermanfaat bagi tanaman



Gambar 9. 4. Serangga sebagai musuh alami (Kepik, belalang sembah, kelabang, tawon kecil, laba-laba, lalat jala, lalat melayang, capung, serangga pembunuh, cacing tanah, dan serangga bajak laut)

(Sumber: Pincus *et al.* 2021)



Gambar 9. 5. Serangga sebagai Penyerbukan (Lebah, lebah tanah, lalat, lalat melayang, kupu-kupu, dan ngengat)

(Sumber: Pincus *et al.* 2021)

9.2.2 Penyakit Tanaman

Penyakit tanaman menimbulkan risiko yang signifikan terhadap keamanan pangan global dan kelanjutan lingkungan diseluruh dunia, dan mengakibatkan hilangnya produktivitas tanaman dan keanekaragaman hayati yang berdampak negatif pada kondisi lingkungan dan sosial ekonomi di wilayah yang terkena dampak.

Penyakit tanaman menyebabkan kerugian hasil panen dan ekologi. Misalnya saja, kerugian hasil panen tahunan yang disebabkan oleh patogen (mikroorganisme penyebab penyakit dan membatasi kesehatan dan produktivitas tanaman) dan kerugian hama saja diperkirakan mencapai US\$ 220 miliar (Vidal *et al.* 2022), kerugian secara langsung berdampak pada ketahanan pangan, ekonomi regional dan aspek sosial ekonomi lainnya. Lebih jauh lagi, perubahan iklim menimbulkan peningkatan risiko intensitas serangan penyakit tanaman, yang membahayakan pasokan pangan dunia dan keanekaragaman hayati (Muluneh, 2021).

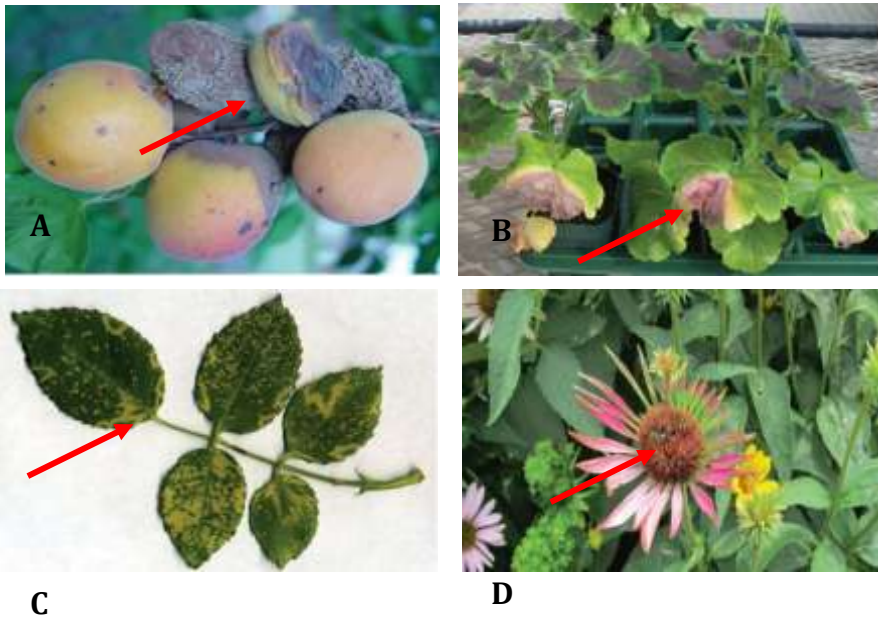
Penyakit tanaman mendefinisikan sebagai “segala sesuatu yang dapat menghambat tanaman untuk tumbuh secara maksimal.” Penyakit tanaman memiliki definisi yang luas dan mencakup penyakit abiotik dan biotik.

Penyakit abiotik (non-infeksi). Penyakit abiotik disebabkan oleh kondisi eksternal tanaman, bukan organisme hidup. Penyakit abiotik tidak dapat menyebar dari satu tanaman ke tanaman lain. Contoh penyakit abiotik meliputi defisiensi unsur hara, pemadatan tanah, salinitas, es, suhu yang ekstrem dan lain-lain (Gambar 9.6)



Gambar 9. 6. Kerusakan akibat suhu ekstrem pada tanaman
(Sumber: Timmerman dan Korus, 2014)

- **Penyakit biotik** (infeksius). Penyakit biotik disebabkan oleh organisme hidup. Penyakit biotik disebut patogen tanaman jika menginfeksi tanaman. Patogen dapat menyebar dari tanaman ke tanaman dan dapat menginfeksi semua jenis jaringan tanaman termasuk daun, pucuk, batang, mahkota, akar, umbi, buah, biji, dan jaringan pembuluh. Patogen tanaman yaitu jamur, bakteri, fitoplasma, virus, viroid, nematoda, dan parasite tumbuhan tingkat tinggi yang semuanya merupakan patogen tumbuhan (Gambar 9.10).



Gambar 9. 7. Penyakit busuk coklat pada buah apricot (A), Penyakit busuk daun disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas hortorum* pv. *Pelargonii* (B), Penyakit mosaik virus pada daun tanaman mawar, Penyakit kuning aster disebabkan oleh fitoplasma

(Sumber: Timmerman dan Korus, 2014)

9.2.3 Gulma

Gulma merupakan organisme pengganggu tanaman yang menyebabkan berkurangnya hasil panen dan kerugian ekonomi. Di antara kendala faktor biotik utama, gulma dianggap sebagai yang paling berbahaya bagi produksi

pertanian selain memengaruhi agrobiodiversitas dan aliran air.

Gulma juga mempengaruhi produksi tanaman secara tidak langsung. Gulma bersaing dengan tanaman untuk mendapatkan sumber daya dengan menjadi inang bagi hama tanaman, mengganggu pengelolaan air, mengurangi hasil panen dan kualitas, dan meningkatkan biaya pemrosesan. Oleh karena itu, pengelolaan gulma merupakan bagian utama dan penting dari produksi tanaman. Secara umum, kehilangan hasil panen akibat gulma hampir selalu disebabkan oleh sekelompok spesies gulma yang berbeda, dan memiliki kemampuan bersaing yang berbeda (Gharde *et al.* 2018). Gulma secara langsung dapat menyebabkan kehilangan hasil panen karena gulma berkompetisi dengan tanaman untuk mendapatkan sumber daya seperti cahaya, nutrisi, ruang, karbon dioksida, dan air (Horvath *et al.* 2023).

Gulma biasanya tumbuh sebagai tanaman yang tidak diinginkan, tanaman yang tumbuh ditempat yang salah, atau tanaman yang tidak bernilai (Radosevich *et al.* 1997). Definisi gulma yang lebih komprehensif dikemukakan oleh Ross dan Lembi (2008) yang mendefinisikan gulma sebagai tumbuhan yang sangat kompetitif, persisten, dan merusak yang mengganggu aktivitas manusia. Akibatnya, tumbuhan tersebut tidak diinginkan sehingga manusia berkepentingan untuk mengendalikannya. Pandangan ini melihat gulma dari sudut pandang kepentingan manusia. Tumbuhan tertentu menjadi gulma atau bukan gulma tergantung pada tempat dan kondisi tempat tumbuhnya. Sudut pandang dan minat manusia memegang peranan yang sangat

penting dalam menentukan apakah tumbuhan tertentu dianggap sebagai gulma. Contoh beberapa spesies gulma yang umum dan banyak ditemukan disekitar tanaman budidaya dapat dilihat pada gambar 9.11 di bawah ini.



Gambar 9. 8. Gulma A: Pletekan atau kencana ungu (*Ruellia tuberosa* L.), Gulma B: Bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.), Gulma C: Babadotan (*Ageratum conyzoides* L.), Gulma D: Ajeran atau Ketul (*Bidens pilosa* L), Gulma E: Rumput teki (*Cyperus rotundus* L.), Gulma F: Meniran (*Phyllanthus urinaria* L.)

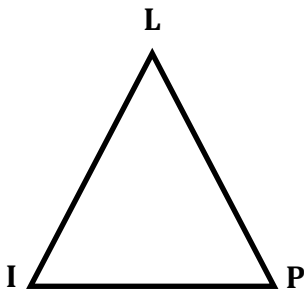
(Sumber: Sriyani *et al*, 2014)

9.3. Konsep Timbulnya Gangguan

Gangguan merupakan serangkaian peristiwa yang dapat mengganggu setiap tingkat ekologi, komponen lingkungan, serta status organisasi siklus biologis organisme. Gangguan merupakan aspek penting dalam seleksi alam dan seluruh evolusi biologis, karena gangguan mengubah lingkungan tempat setiap makhluk hidup menjalankan fungsi vitalnya. Dampak gangguan dapat secara tidak langsung menular ke komponen lingkungan, ekosistem, dan proses lainnya. Bahkan ciri-ciri biologis, ekologis, dan perilaku suatu organisme dapat mengganggu organisme lain, menciptakan rantai hubungan dan gangguan yang tampaknya tak berujung diantara berbagai komponen ekosistem ([Battisti et.al/2016](#)).

Konsep timbulnya gangguan pada tumbuhan inang sangat bervariasi tergantung pada faktor pendukungnya. Timbulnya gangguan pada tumbuhan inang didukung oleh lingkungan yang sesuai, tanaman yang rentan dan penyebab jasad pengganggu yang agresif atau virulen. Terdapat beberapa konsep gangguan yaitu konsep segitiga gangguan, konsep segiempat gangguan, dan konsep limas gangguan (Triharsono, 2014).

9.3.1 Konsep Segitiga Gangguan

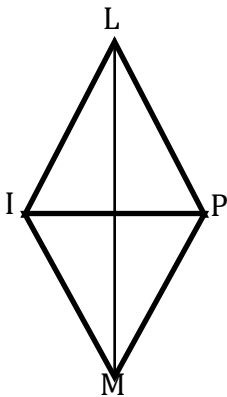


(Sumber : Triharsono, 2014).

Gangguan timbul karena adanya interaksi antara lingkungan (L), inang (I) dan penyebab gangguan (P). pada lingkungan yang stabil keseimbangannya dengan inang dan penyebab gangguan seperti halnya pada hutan primer, maka jarang terjadi gangguan, kecuali ada bencana

alam seperti gunung meletus, petir dan sebagainya.

9.3.2 Konsep Segiempat Gangguan

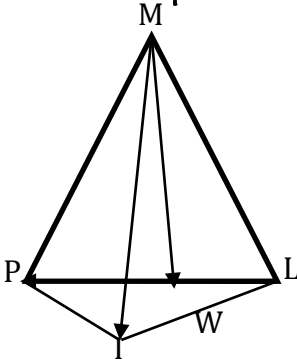


(Sumber : Triharsono, 2014).

Pada konsep ini unsur manusia (M) telah mempunyai peranan dalam ikut menimbulkan gangguan. Dengan lingkungan, inang yang direkayasa oleh manusia, maka keseimbangannya akan terganggu. Hal ini berlaku pada areal pertanian. Hutan industri, perkebunan dan lingkungannya relatif tidak stabil.

Inangnya homogen yang berkualitas tinggi yang biasanya rentan terhadap hama, penyakit dan gulma.

9.3.3 Konsep Limas Gangguan



Pada konsep limas gangguan adanya interaksi antara faktor-faktor yang mendorong timbulnya suatu gangguan bersifat dinamis dari waktu ke waktu.

L = Lingkungan

P =Penyebab gangguan

I = Inang tumbuhan

M = Manusia

W = Waktu

(Sumber : Triharsono, 2014).

Tumbuhan memiliki strategi untuk bertahan hidup terhadap gangguan berdasarkan faktor lingkungan diantaranya adalah: Tumbuhan kompetitor, toleran dan moderat. Kompetitor merupakan tanaman yang memanfaatkan semua sumber daya yang dapat dikumpulkan tanaman tersebut. Tanaman dapat tumbuh tinggi dan lebar untuk mengalahkan pesaing. Biasanya tanaman yang tangguh ini bersifat tahunan dan tumbuh ditempat yang tidak mengalami stres dan gangguan. Tanaman toleran adalah tanaman yang memiliki adaptasi untuk memastikan kelangsungan hidup tanaman saat stres muncul atau kondisi memburuk. Tanaman ini biasanya membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk menghasilkan bunga dan biji. Tanaman moderat adalah tanaman tahunan atau dua tahunan yang sering terpapar gangguan yang ditentukan untuk tanaman yang cepat menghasilkan biji (Barnes, 2019).

Gangguan hama (serangga), penyakit, dan gulma atau disebut juga OPT saling terkait dan saling melengkapi. Secara individual, masing-masing dari hama ini bertanggung jawab atas kerugian yang cukup besar, tetapi jika salah satunya diabaikan, hama lainnya dapat berkembang biak. Beberapa serangga mengeluarkan zat gula yang dapat menjadi tempat berkembangbiaknya jamur. Gulma berfungsi sebagai inang alternatif bagi karat dan jamur lainnya, dan juga menjadi tempat berlindung bagi hama. Oleh karena itu, untuk pengelolaan hama dan penyakit yang efisien, gulma juga perlu dikelola. Pembersihan gulma secara teratur merupakan salah satu bentuk pengendalian preventif karena meminimalkan persaingan nutrisi, mencegah hama berhibernasi, serta memfasilitasi aerasi dan aplikasi pestisida yang tepat. Kunci keberhasilan pengendalian hama, penyakit, dan gulma adalah identifikasi penyebab gangguan secara dini dan akurat serta teknik pengendaliannya. Pemberantasan dan penanganan sumber inokulum di lapangan merupakan tindakan pencegahan yang penting. Memperkuat tanaman dengan menjaga kesuburan tanah, drainase dan aerasi, memeriksa kondisi tanah, dan mengembangkan tanaman tahan terhadap serangan hama. Infeksi penyakit pada tanaman dapat ditularkan melalui tanah, udara, atau benih.

Demikian pula, beberapa serangga hama penghisap cairan sel tanaman, mengunyah dedaunan dan bagian bunga, menggerogoti batang, kuncup, dan buah, sementara ada serangga yang larvanya menggerogoti daun dan terkadang bahkan batang. Setiap masalah dan serangan OPT ini memerlukan pendekatan khusus terhadap pencegahan dan pengendalian. Untuk strategi yang efektif

dalam pengelolaan OPT, penting untuk mengumpulkan pengetahuan teknis tentang identifikasi OPT. Ini akan berguna untuk pemilihan teknik pengendalian yang tepat dengan dosis, metode, dan waktu aplikasi yang spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- [Battisti C](#), [Poeta G](#), [Fanelli G](#). 2016. [An Introduction to Disturbance Ecology](#), A Road Map for Wildlife Management and Conservation. Chapter 2. The Concept of Disturbance. Springer.
- Barnes J. 23 februari 2019. Pin the Plant on the Triangle. [diakses 28 oktober 2024]. <https://meristemhorticulture.com/planted/tag/Grime%27s+triangle>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2022. FAO's Plant Production and Protection Division. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2447en>
- Gharde Y, Singh PK, Dubey RP, Gupta Pk. 2018. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. Crop Protection. Vol 107. Pp 12-18.
- Horvath DP, Clay SA, Swanton CJ, Anderson JV, Chao WS. 2023. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. Trends in Plant Science. Vol 20.
- Muluneh, MG. 2021. Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective-a review article. Agric. Food Secur. 10, 36.
- Nurmasnyah, A. 22 april 2024. Dosen IPB prediksi tahun ini petani gagal panen akibat hama dan penyakit. [diakses 1 oktober 2024]. <https://www.viva.co.id/edukasi/1468587-dosen-nbbsp->

[ipb-nbsp-prediksi-tahun-ini-petani-kehilangan-hasil-panen-akibat-hama](#)

- Paulite J. 2021. Principles in crop protection (module 1 of Cp1). Republic of the Philippines Surigao del Sur State University. Philippines.
- Pincus L, Duby E, Shah S, Jarman A . 2021. Identifying Pests and Diseases (module 06). World Vegetable Center. toolbox.avrdc.org
- Radosevich, S., J. Holt, and C. Ghera. 1997. Weed Ecology. Implications for Management. John Wiley & Sons, Inc., New York. 589 pages.
- Ross, MA and CA Lembi. 2008. Applied Weed Science: Including Ecology & Management of Invasive Plants (3rd Edition). Prentice Hall, USA. 339 pages.
- Sembel, D.T. 2012. Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman. Penerbit CV. Andi. Yogyakarta.
- Sriyani N, Lubis AT, Sembodo, DRJ, Mawardi D, Suprpto H, Susanto H, Pujiiswanto H, Adachi t, Oki Y. 2014. Upland Weed Flora of Southern Sumatera. Global Madani Press. Pramuka, Rajabasa, Bandar Lampung.
- Timmerman AD, Korus KA. 2014. Introduction to plant disease. University of Nebraska. Lincoln extension.
- Triharso, 2014. Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman. Gadjah mada university press. Yogyakarta.

BAB 10

ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN BAGIAN HAMA (OPT DARI GOLONGAN HAMA)

Oleh Agnes Tutik Purwani Irianti

10.1 Pendahuluan

Hama adalah organisme pengganggu tanaman budidaya yang berasal dari golongan hewan. Dunia hewan diklasifikasikan menjadi 2 kelompok besar yaitu Invertebrata (hewan tidak bertulang belakang) dan Vertebrata (hewan bertulang belakang). Ada 9 filum utama dalam dunia hewan, 4 diantaranya sering berperan sebagai hama yaitu Filum Nematelminthes, Filum Mollusca, Filum Arthropoda dan Filum Chordata (Leksono dan Hakim, 2021).

Kehadiran hama dalam budidaya tanaman dapat menimbulkan gangguan yang mengakibatkan hambatan pada pertumbuhan tanaman, hingga gagal panen (Ghazi, 2022). Gangguan hama pada tanaman pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kuantitas dan kalitas hasil yang akan menimbulkan kerugian secara ekonomi (Raharjo, 2023). Selain menyebabkan kerusakan pada tanaman, hama juga dapat berperan sebagai vektor

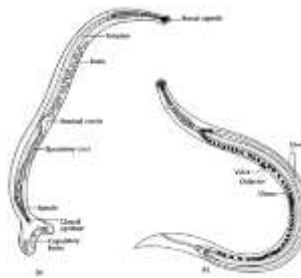
penyakit tanaman. Contohnya wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) selain menjadi hama pada tanaman padi juga dapat menularkan penyakit kerdil rumput dan kerdil hampa (Rosa dan Pramudi, 2024).

Konsep Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) mentolerir adanya sedikit hama di pertanaman sejauh populasinya berada di bawah ambang ekonomi, karena keberadaan hama berguna untuk menjaga kelestarian rantai makanan dan keseimbangan ekosistem (Wagiman dan Bunga, 2023). Sistem pengendalian terpadu Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) adalah upaya untuk mengendalikan populasi atau tingkat serangan hama tanaman dengan menggabungkan beberapa cara pengendalian yang dikembangkan dalam satu sistem untuk mencegah kerugian ekonomi dan menjaga kelestarian lingkungan (Mudjiono, 2013).

10.2 Hama dari Filum Nematelminthes

Nematelminthes berasal dari bahasa Yunani yang artinya “cacing berkas”. Filum ini mencakup berbagai cacing yang memiliki tubuh berbentuk silinder memanjang, bahkan sangat panjang. Tubuh silindris, tidak bersegmen, bilateral simetris dan tidak bertulang belakang (Invertebrata), umumnya hidup sebagai parasit dan ada yang hidup bebas. Filum Nematelminthes dibagi menjadi 2 kelas utama yaitu Kelas Nematoda dan Kelas Nematophora (Astuti, 2007).

Hewan dari Filum Nematelminthes yang anggotanya berperan se bagai hama adalah kelas Nematoda. Nematoda parasit tanaman berukuran mikroskopis, panjangnya berkisar antara 0,3 mm-4 mm dan lebarnya 0,01 mm-0,5 mm. Tubuhnya silindris memanjang dan tidak bersegmen. Pada species tertentu, nematoda ada yang bentuknya seperti buah peer, contohnya *Meloidogyne* sp. Kulit terluar nematoda berupa kutikula yang tipis dan transparan. Alat mulut nematoda berupa stylet yang berfungsi untuk menusuk jaringan tanaman dan menghisap cairan tanaman. Beberapa spesies nematoda bersifat hermaprodit, yaitu meiliki 2 buah alat kelamin jantan dan betina (Roeswitawati and Sukorini, 2022).



Gambar 10. 1. Nematoda

(Sumber: https://dsip.weebly.com/nematoda-nematodes.html#google_vignette)

Menurut (Bridge and Starr, 2007). berdasarkan cara hidupnya Nematoda parasit tanaman dapat dikelompokkan menjadi 4 yaitu:

1. Ektoparasit: umumnya nematoda tetap berada di permukaan jaringan tanaman, mencari makan dengan

cara memasukkan stylet ke dalam sel yang berada dalam jangkauannya.

2. Endoparasit yang bermigrasi: semua tahapan nematoda dapat sepenuhnya menembus jaringan tanaman, tetap bergerak dan berbentuk cacing serta makan saat mereka bergerak melalui jaringan; mereka sering bermigrasi antara tanah dan akar.
3. Endoparasit menetap: nematoda betina atau remaja yang belum dewasa sepenuhnya memasuki jaringan tanaman, mengembangkan tempat makan permanen, menjadi tidak bergerak, dan tubuh membengkak.
4. Semi-endoparasit: nematoda betina atau remaja yang belum dewasa hanya menembus sebagian akar, meninggalkan separuh hingga dua pertiga bagian posterior tubuhnya menonjol ke dalam tanah. Nematoda menjadi tidak bergerak di tempat makan yang tetap dan bagian posterior tubuh menjadi membesar.

Ada 2 Ordo penting dari kelas Nematoda yang aggotanya sering berperan sebagai hama yaitu Ordo Tylenchida dan ordo Dorylaimida.

10.2.1 Ordo Tylenchida

Ordo Tylenchida mencakup beberapa genus nematoda yang penting sebagai hama tanaman. Berikut adalah beberapa genus yang termasuk dalam ordo Tylenchida:

1. Meloidogyne: Nematoda ini dikenal sebagai nematoda puru akar yang menyerang akar tanaman dan

menyebabkan kerusakan yang signifikan. Contoh spesiesnya adalah *Meloidogyne incognita* yang menyerang tanaman sayuran seperti mentimun terong, selada dan labu siam (Anwar and Mckenry, 2010).

2. *Pratylenchus*: Nematoda ini juga merupakan parasit penting yang menyerang akar tanaman. Contoh spesiesnya adalah *Pratylenchus coffeae* yang menyerang tanaman kopi (Budiman et al., 2019).
3. *Rotylenchus*: Nematoda ini juga termasuk dalam ordo Tylenchida dan dikenal sebagai parasit akar yang berpotensi merusak tanaman. Contoh spesiesnya adalah *Rotylenchus similis* pada tanaman kopi, cabai, pisang, teh, tebu dan bambu (Kalhoven, 1981).
4. *Hirschmanniella*: Nematoda ini termasuk dalam ordo Tylenchida dan dikenal sebagai endoparasit yang menyerang akar, kormus, dan rhizoma. Contoh spesiesnya adalah *Hirschmanniella mucronata* pada tanaman padi (Couvreur et al., 2015).
5. *Tylenchus*: Nematoda ini termasuk dalam ordo Tylenchida dan dapat menyerang tanaman. Meskipun tidak banyak informasi tentang spesiesnya, namun sudah tercatat dalam beberapa survei nematoda (Swibawa, 2001).

10.2.2 Ordo Dorylaimida

Ordo Dorylaimida merupakan salah satu ordo dalam filum Nematoda yang terdiri dari beberapa genus yang berbeda. Berikut adalah beberapa genus dan spesies yang termasuk dalam ordo Dorylaimida:

1. Xiphinema: Xiphinema juga teridentifikasi sebagai parasit tumbuhan dalam beberapa penelitian. Contohnya *Xiphinema pirinense* n. sp. yang berasosiasi dengan tanaman Rosaceae (Mincheva, Lazarova and Peneva, 2008).
2. Dorylaimus: Dorylaimus termasuk dalam ordo Dorylaimida dan hidup sebagai predator atau dekomposer dalam tanah (Setiawan et al., 2019)
3. Longidorus: umumnya bersifat parasitik terhadap tumbuhan. Contoh speciesnya antara lain *Longidorus alaskaensis* n. sp., *L. paralaskaensis* n. sp., dan *L. bernardi* (Robbins and Brown, 1996).

10.3 Hama dari Filum Moluska

Moluska merupakan kelompok hewan Invertebrata yang bertubuh lunak dengan maupun tanpa cangkang, diantaranya adalah siput, kerang, cumi-cumi dan sebangsanya (Nurjanah et al., 2021). Filum Moluska dibagi menjadi 3 kelas yaitu: Kelas Lamellibranchiata, Kelas Chepalopoda dan Kelas Gastropoda (Astuti, 2007). Anggota Filum Molusca yang berperan sebagai hama adalah hewan yang termasuk dalam kelas Gastropoda.

10.3.1 Kelas Gastropoda

Kelas Gastropoda dikenal dengan bangsa siput atau keong. Ciri-ciri hewan yang termasuk kelas Gastropoda menurut (Astuti, 2007) adalah sebagai berikut:

1. Tubuhnya lunak dan tertutup oleh cangkang yang keras
2. Memiliki 2 pasang tentakel pada bagian kepala, 1 pasang pendek dan 1 pasang panjang.

3. Mata terdapat pada ujung tentakel yang panjang.
4. Alat mulut berupa gigi parut (radula) yang berfungsi untuk mengoyak makanan.
5. Berjalan menggunakan otot perut.
6. Alat pernapasan berupa paru-paru.
7. Alat pencernaan dan eksresi berkembang dengan baik.

Gastropoda hidup di berbagai tempat, seperti air laut, air tawar dan darat. Makanan utama mereka adalah tumbuhan, tetapi beberapa species juga memakan hewan kecil (Purnama, 2022). Salah satu hama penting dari kelas Gastropoda adalah Keong mas (*Pomacea canaliculata*). Ada 4 jenis keong *Pomacea* yang telah masuk ke Indonesia yaitu *P. canaliculata*, *P. insularum*, *P. scalaris*, dan *P. paludosa*. Jenis yang paling banyak dijumpai di Indonesia adalah *P. canaliculata* (Keong mas) (Isnainingsih and Marwoto, 2011).

Keong mas merupakan salah satu hama penting pada tanaman padi yang dapat menyebabkan petani gagal panen. Induk keong mas dapat bertelur sebanyak 9-15 kali per tahun dengan jumlah telur antara 1000-1200 telur per bulan. Fase telur berlangsung selama 4-7 hari dan telur yang menetas sebanyak 500 hingga 800 butir. Keong mas dapat bertahan hidup selama 3 (tiga) tahun. Hama keong mas dapat memakan satu rumpun padi dalam waktu 15 menit (Nurjanah et al., 2021). Keong mas menyukai tanaman yang masih muda dan lunak seperti bibit padi, enceng gondok dan tanaman sayuran lainnya (Hanafiah, 2023).

Keong mas (*P. canaliculata*) anggota family Ampullariidae, dengan ciri-ciri morfologi sebagai berikut: tubuhnya lunak berwarna putih krem hingga kemerah-merahan atau kuning oranye, cangkang berwarna coklat hingga kuning, berbentuk bundar atau oval, antena pendek, cangkangnya besar dan tebal, mulut besar dengan bentuk bulat atau oval, (Nurjanah et al., 2021). Keong mas memiliki ukuran tubuh yang sangat beragam tergantung pada ketersediaan makanannya. Cangkang keong mas diameternya dapat mencapai 4 cm dengan berat 10-20 gram (Rosida dan Sukorini, 2024).

Ada berbagai cara pengendalian hama keong mas, salah satunya adalah dengan mengumpulkan dan membuang hama tersebut di pematang sawah pada siang hari agar mati kepanasan (Wagiman and Bunga, 2023).



Gambar 10. 2. Keong Mas (*Pomacea canaliculata*)

(Sumber: <https://katalogcba.com/keong-mas/>)

10.4 Hama dari Filum Arthropoda

Keberadaan beberapa jenis hewan dari anggota Filum Arthropoda dapat menimbulkan gangguan bagi manusia baik yang berperan sebagai hama maupun vektor

penyakit (Porusia dan Darnoto, 2019). Dari Filum Arthropoda yang anggotanya banyak berperan sebagai hama adalah Kelas Arachnida dan Kelas Insekta.

10.4.1 Kelas Arachnida

Kelas Arachnida memiliki ciri-ciri tubuhnya terbagi menjadi dua yaitu cephalothorax dan abdomen, alat mulutnya berupa celicera, alat peraba pedipalpus dan memiliki empat pasang kaki (Astuti, 2007). Salah satu ordo dari kelas Arachnida yang anggotanya berperan sebagai hama adalah Ordo Acarina yang dikenal dengan hama tungau. Salah satu contoh speciesnya *Tetranychus bimaculatus* yang menyerang berbagai jenis tanaman diantaranya singkong, pepaya, kacang tanah, buncis, mentimun, tomat, terung, apel dan jeruk. (Pracaya, 2007).

Tungau dapat bereproduksi dengan cepat secara partenogenesis, serangannya pada tanaman dapat menyebabkan kerusakan serius. Hama tungau merusak tanaman dengan cara mengisap cairan sel daun. Serangan tungau banyak ditemukan pada musim kemarau (Hamid dan Haryanto, 2012). Daun yang terserang pada awalnya akan terlihat berbintik-bintik kuning, berubah warna kemudian menjadi kering dan mati. Pada serangan berat, tepian daun mengeriting dan menggulung, akhirnya layu dan gugur (Sembel, 2018).

Pada bibit kelapa sawit, tungau menyerang daun dengan cara merusak daging daun dan mengisap cairan sel. Pada daun bibit kelapa sawit gejala awalnya adalah adanya bintik-bintik berwarna kuning pada bagian bawah daun, kemudian melebar ke sekitar tulang daun utama, dan lama-

kelamaan daun berubah warna menjadi cokelat. Serangan hama tungau pada titik tumbuh dan tunas akan menyebabkan pembentukan daun terhambat (Azhari, 2024).

Hama tungau dapat dikendalikan dengan berbagai cara, antara lain dengan menyemprotkan air, minyak atau sabun pada tanaman yang terserang (Asih et al., 2021). Pengendalian hama tungau merah pada tanaman singkong dilakukan dengan cara sanitasi dan penggunaan varietas yang toleran serta penyemprotan insektisida (Djuwardi, 2009).



Gambar 10. 3. Hama Tungau Merah di Pembibitan Kelapa Sawit
(Sumber : Azhari, 2024)

10.4.2 Kelas Insekta

Kelas Insekta dikenal dengan nama serangga, merupakan hewan dengan keragaman spesies yang paling besar di dunia. Menurut penelitian, ada lebih dari 800.000

jenis serangga yang bisa ditemukan di permukaan bumi (Wijayanto, 2022).

Serangga memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Maulidya, 2022) :

1. Tubuhnya terdiri atas 3 bagian yaitu kepala (caput), dada (thorax) dan perut (abdomen).
2. Memiliki kaki sebanyak 6 buah (3 pasang), sehingga disebut kelas Hexapoda (hexa: 6 dan podus: kaki). Bentuk kaki beragam disesuaikan dengan fungsinya.
3. Alat peraba berupa antena, jumlahnya satu pasang.
4. Alat mulut memiliki bentuk yang berbeda-beda disesuaikan dengan jenis makanannya.
5. Ada yang tidak punya sayap dan ada yang punya sayap, dengan jumlah sepasang atau dua pasang, tergantung jenis/speciesnya.

Serangga diklasifikasikan menjadi 2 kelompok besar yaitu Apterygota (serangga yang tidak bersayap) dan Pterygota (serangga yang bersayap). Kelompok Pterygota dibagi menjadi 2 Sub Kelas, yaitu Sub Kelas Eksopterygota dan Sub Kelas Endopterygota (Lumowa and Purwati, 2021).

1. Sub Kelas Eksopterygota

Sub kelas Eksopterygota meliputi serangga-serangga yang sayapnya berkembang di luar dan perkembangannya melalui proses metamorfose sederhana atau metamorfose tidak sempurna. Metamorfose sederhana adalah proses perubahan bentuk dimana bentuk muda mirip dengan bentuk dewasa. Fase yang dilalui dalam perkembangannya

adalah: telur-nimfa (serangga muda)-dewasa (imago). Beberapa ordo diantaranya berperan sebagai hama yaitu:

a. Ordo Orthoptera

Ordo Orthoptera dikenal dengan bangsa belalang. Anggotanya ada yang tidak bersayap dan ada yang bersayap 2 pasang, sayap depan agak keras dan liat, disebut tipe tegmina dan sayap belakang transparan. Kaki 3 pasang, pada beberapa species femur kaki belakang membesar sesuai fungsinya untuk bertumpu saat meloncat. Alat peraba berupa sepasang antena yang panjang dan memiliki tipe alat mulut penggigit pengunyah. Termasuk dalam ordo ini antara lain belalang kayu, belalang tahun, jangkrik, kecoak dan anjing tanah (Pracaya, 2007).



Gambar 10. 4. *Locusta migratoria*

(Sumber:

<https://www.eurekalert.org/multimedia/768598>)

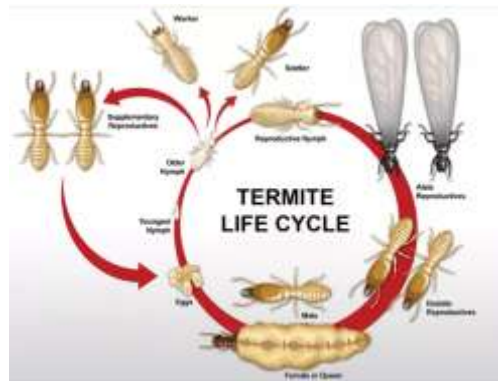
b. Ordo Isoptera

Ordo Isoptera dikenal dengan bangsa rayap. Rayap adalah serangga sosial yang hidup berkelompok yang disebut koloni. Dalam satu koloni terdapat 3 kasta yaitu kasta pekerja (*worker*), prajurit (*soldier*) dan ratu

(reproduktif) (Arif, 2020). Kasta pekerja bertugas mencari makan, membuat sarang, dan memberi makan kepada anggota koloni, kasta prajurit tugasnya menjaga keamanan koloninya, sedangkan kasta reproduktif memiliki tugas utama untuk berkembang biak (Latumahina, Mardiatmoko dan Tjoa, 2020).

Anggota ordo Isoptera ada yang tidak punya sayap dan ada yang punya sayap. Sayapnya 2 pasang, transparan dengan ukuran sama besar. Alat mulut penggigit pengunyah. Dalam perkembangannya rayap mengalami proses metamorfose sederhana, melalui fase telur-nimfa-dewasa. Rayap bisa menyerang berbagai jenis tanaman dan bangunan terutama pada komponen kayu (Arif, 2020).

Rayap dapat dikendalikan dengan pestisida nabati dengan bahan dasar daun pepaya, daun sirsak dan daun sereh (Latumahina et al., 2020b).



Gambar 10. 5. Siklus Hidup Rayap

(Sumber: <https://suntikrayap.com/metamorfosis-rayap/>)

c. Ordo Thysanoptera

Ordo Thysanoptera dikenal dengan bangsa Thrips. Serangga ini memiliki 2 pasang sayap, pada bagian tepinya terdapat rambut yang berumbai-rumbai. Tipe metamorfosanya sederhana dan memiliki alat mulut pematut penghisap. Contoh hama dari ordo Thysanoptera adalah *Thrips tabaci* yang meyerang tanaman bawang merah, cabe, tomat, bayam dan labu (Pracaya, 2007). *Thrips* sp. berukuran kecil, sekitar 1 mm. Tanda serangan hama Thrips adalah bercak-bercak keperakan pada daun tanaman, selanjutnya berubah warna menjadi coklat tembaga. Beberapa hari kemudian daun yang terserang akan menggulung dan mengeriting dan akhirnya rontok. Pada tingkat serangan yang parah dapat mengakibatkan tanaman mati kekeringan karena kehabisan cairan (Hamid dan Haryanto, 2012).



Gambar 10. 6. *Thrips* sp.

(Sumber: https://agrokomplekskita.com/4046-2/#google_vignette)

d. Ordo Homoptera

Homoptera berasal dari kata homo (sama) dan ptera (sayap), memiliki 2 pasang sayap yang sama-sama transparan. Ordo Homoptera dikenal sebagai bangsa kutu dan wereng. Memiliki 2 bentuk yaitu bersayap dan tidak bersayap. Alat peraba berupa sepasang antena yang pendek seperti rambut kaku. Alat mulut pencucuk penghisap. Reproduksi secara seksual dan secara partenogenesis, yaitu dapat menghasilkan keturunan dari telur yang tidak dibuahi. Metamorfosanya tidak sempurna (telur-nimfa-dewasa) (Rahim et al., 2021). Contoh hama dari ordo Homoptera antara lain wereng coklat, wereng hijau, kutu kebul, kutu daun kopi dan kutu daun pepaya (Pracaya, 2007).



Gambar 10. 7. Wereng Coklat (*Nilaparvata lugens*)

(Sumber: <https://www.medion.co.id/kenali-dan-kendalikan-wereng-batang-coklat/>)

e. Ordo Hemiptera

Hemiptera berasal dari kata hemi (setengah) dan ptera (sayap). Memiliki 2 pasang sayap dengan ciri khas sayap depan setengah tebal dan setengah

transparan (disebut tipe *hemelytra*) dan sayap belakang transparan. Alat mulut tipe pencucuk penghisap, metamorfose tidak sempurna (Rahim et al., 2021). Memiliki glandula yang dapat mengeluarkan bau tidak sedap saat diganggu (Raharjo, 2021). Hama yang termasuk dalam ordo ini antara lain walang sangit (*Leptocoris acuta*) dan kepinding tanah (*Scotinophora vermiculata*) yang menyerang tanaman padi, *Riptortus linearis* (penghisap polong kedelai) dan *Helopeltis* sp. (penghisap buah kakao) (Kalhoven, 1981).



Gambar 10. 8. Walang sangit (*Leptocoris acuta*)

(Sumber: <https://improcare.co.id/apa-gejala-serangan-walang-sangit/>)

2. Sub Kelas Endopterygota

Sub kelas Endopterygota meliputi serangga-serangga yang sayapnya berkembang di dalam dan perkembangannya melalui proses metamorfose sempurna. Metamorfose sempurna adalah proses perubahan bentuk dimana bentuk muda jauh berbeda dengan bentuk dewasa. Serangga yang mengalami metamorfose sempurna melewati fase-fase sebagai berikut: telur-larva (ulat)-kepompong (pupa)-dewasa

(imago). Beberapa ordo diantaranya berperan sebagai hama yaitu:

a. Ordo Diptera

Serangga yang termasuk dalam Ordo Diptera memiliki sepasang sayap, membranous. Sayap belakang berubah menjadi halter, fungsinya adalah sebagai alat keseimbangan pada waktu terbang. (Firmansyah, 2017). Anggota Ordo Diptera dikenal sebagai lalat dan nyamuk, bisa berperan sebagai hama, predator, parasit, penyerbuk bunga dan penghisap darah manusia (Ali et al., 2020). Serangga ini dalam perkembangannya mengalami metamorfose sempurna, memiliki alat mulut gigi kait pada fase larva (Rahim et al., 2021). Tipe alat mulut serangga dewasanya penjilat (lalat) dan pencucuk penghisap (nyamuk) (Firmansyah, 2017). Salah satu jenis hama penting dari Ordo Diptera adalah lalat buah (*Bactrocera* sp.) yang menyerang berbagai jenis buah-buahan diantaranya jambu air, jambu biji, belimbing dan nangka (Kardinan, 2003).



Gambar 10. 9. Lalat Buah (*Bactrocera* sp.)

(Sumber: <https://www.greeners.co/flora-fauna/lalat-buah-si-cerah-penyuka-buah/>)

b. Ordo Coleoptera

Anggota ordo Coleoptera memiliki 2 pasang sayap, sayap depan keras dan tebal, tanpa vena (tipe *elytra*), sayap belakang transparan. Sayap depan berfungsi sebagai pelindung dan pada saat istirahat menutupi sayap belakang (Ali et al., 2020). Metamorsenya sempurna, melalui fase telur, larva, pupa, dewasa. Tipe alat mulut baik larva maupun dewasanya adalah penggigit pengunyah. Salah satu contoh hama penting dari ordo Coleoptera adalah Kumbang Kelapa (*Oryctes rhinoceros*) (Rahim et al., 2021). Beberapa species diantaranya berperan sebagai predator (pemangsa hama) (Firmansyah, 2017).



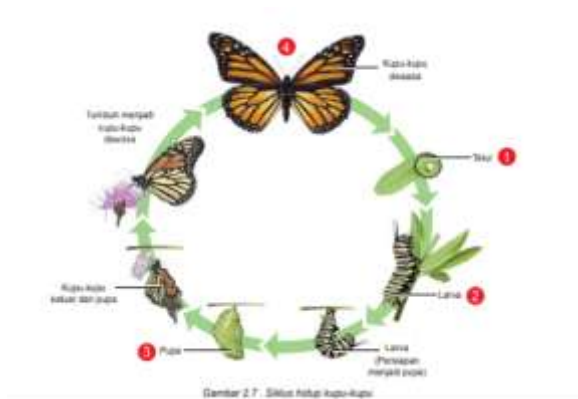
Gambar 10.10. Serangga dari Ordo Coleoptera

(Sumber:

<https://herrysoenarko.blogspot.com/2014/04/kumbang-tanduk-oryctes-rhinoceros.html>)

c. Ordo Lepidoptera (Astuti, 2007)

Ordo Lepidoptera dikenal dengan bangsa kupu-kupu. Lepidoptera berasal dari kata lepidos (sisik) dan ptera (sayap), memiliki 2 pasang sayap yang bersisik. Serangga muda berupa larva (ulat), serangga dewasa disebut kupu-kupu (berukuran besar) atau ngengat (berukuran kecil). Perkembangan hidupnya melalui metamorfose sempurna, terdiri dari fase telur-larva-kepompong-dewasa. Larvanya memiliki tipe alat mulut penggigit pengunyah sedangkan dewasanya tipe penghisap (Rahim et al., 2021). Bentuk antena bervariasi ada yang seperti sisir dan ada yang memanjang seperti benang. Stadia yang menyerang tanaman adalah stadia larva, stadia dewasanya berperan sebagai penyerbuk. Banyak sekali anggotanya yang berperan sebagai hama, antara lain penggerek batang padi, penggerek batang jagung, penggerek tonkol jagung, penggerek buah kakao dan ulat grayak (Pracaya, 2007).



Gambar 10. 11. Siklus Hidup Kupu-kupu
(Sumber:

<https://www.gramedia.com/literasi/daur-hidup-hewan/>)

Sebagian besar hama adalah serangga, tetapi tidak semua serangga merugikan. Beberapa jenis serangga menguntungkan bagi manusia karena perannya sebagai berikut (Posmaningsih, 2024):

1. Penghasil madu (contoh: *Aphis* spp.)
2. Penghasil sutera (contoh: *Bombyx mori*)
3. Penyerbuk (contoh: *Apis mellifera*)
4. Predator (contoh: *Mantis religiosa*)
5. Parasit (beberapa family Hymenoptera)
6. Pengurai (contoh: lalat dan kumbang)
7. Bahan makanan (contoh: ulat sagu, belalang)

Serangga memainkan peranan dalam keseimbangan alam termasuk dalam perannya sebagai predator, parasit, pengurai dan sebagai sumber makanan bagi makhluk lain (Lumowa and Purwati, 2021).

10.5 Hama dari Filum Chordata

Filum Chordata termasuk dalam kelompok hewan bertulang belakang (Vertebata). Anggota Filum Chordata yang banyak berperan sebagai hama adalah hewan menyusui (Kelas Mamalia). Ciri-ciri Mamalia adalah tubuhnya berambut, berkaki 4 buah dan memiliki kelenjar susu (Leksono and Hakim, 2021). Hama dari kelas mamalia antara lain gajah, babi hutan, tikus, tupai, dan monyet. Salah satu jenis hama penting dari kelas Mamalia adalah tikus sawah (*Rattus argentiventer*). Tikus sawah merupakan penyebab utama kerusakan tanaman padi di Indonesia. Ciri-ciri tikus sawah adalah warna rambut punggung coklat kuning kemerahan, warna rambut bagian bawah putih susu

(Rahim et al., 2021). Tikus betina memiliki 12 puting susu. Ekor tikus sawah biasanya lebih pendek dibanding panjang kepala-badan dan moncongnya berbentuk tumpul. Tikus sawah memiliki daya reproduksi yang tinggi. Dalam satu musim tanam padi, tikus sawah mampu beranak hingga 3 kali dengan rata-rata 10 ekor anak per kelahiran. Pengendalian hama tikus dapat dilakukan dengan pengaturan pola tanam, rotasi tanaman, sanitasi lahan, gropyokan dan konservasi musuh alami seperti burung hantu (Firmansyah, 2017)



Gambar 10. 12. Tikus Sawah (*Rattus argentiventer*)

(Sumber: <https://pertanian-mesuji.id/pengelolaan-hama-tikus-pada-padi-sawah/>)

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Mursawal, A., Zulfikar, Khalil, M., 2020. Dasar Penetapan Hirarki Taksonomi Hewan. .
- Anwar, S.A., Mckenry, M. V, 2010. Incidence and Reproduction of *Meloidogyne incognita* on Vegetable Crop Genotypes, Pakistan J. Zool.
- Arif, A., 2020. Rayap: Peran, Biologi, Pencegahan dan Pengendaliannya. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Asih, U.W., Alfina, A., Novota, W.A., Latifah, E.D., Kusdidjo, V.V., 2021. Si Biru Kaya Khasiat. PustakaRumahCinta, Magelang.
- Astuti, L.S., 2007. Klasifikasi Hewan : Penamaan, Ciri dan Pengelompokannya. Kawan Pustaka, Jakarta.
- Azhari, F., 2024. Pembibitan Kelapa Sawit : Rahasia Memperoleh Bibit yang Jagur. BhuanallmuPopuler, Jakarta.
- Bridge, J., Starr, J.L., 2007. Plant Nematodes of Agricultural Importance. Manson Publishing, London.
- Budiman, A., Supramana, S., Giyanto, G., 2019. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 23, 211.
- Couvreur, M., Steel, H., Khun, K., Bert, W., Karssen, G., Decraemer, W., 2015. Nematology 17, 377–400.
- Djuwardi, A., 2009. Cassava Solusi Pemberagaman Kemandirian Pangan, Manfaat, Peluang Bisnis dan Prospek. Grasindo, Jakarta.

- Firmansyah, A.P., 2017. Pengantar Perlindungan Tanaman. CVIntiMedia, Makassar.
- Gede Swibawa, I., 2001. KEANEKARAGAMAN NEMATODA DALAM TANAH PADA BERBAGAI TIPE TATAGUNA LAHAN DI ASB-BENCHMARK AREA WAY KANAN, Penyakit Tumbuhan Tropika.
- Ghazi, F., 2022. Mengenal Hama Tanaman Sayur di Kebun Rumah. ElementaAgroLestari.
- Hamid, A., Haryanto, M., 2012. Untung Besar dari Bertanam Cabai Hibrida. PT AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Hanafiah, I., 2023. Kiat Mengusir Keong Mas Pengganggu Padi [WWW Document]. ElementaAgrolestari.
- Isnainingsih, N.R., Marwoto, R.M., 2011. KEONG HAMA Pomacea DI INDONESIA: KARAKTER MORFOLOGI DAN SEBARANNYA(MOLLUSCA, GASTROPODA: AMPULLARIIDAE) 1 [Snail Pest of Pomacea in Indonesia: Morphology and Its Distribution (Mollusca, Gastropoda: Ampullariidae)], Berita Biologi.
- Kalhoven, L.G.E., 1981. Pest of Crops in Indonesia. PTIchtarBaru, Jakarta.
- Kardinan, A., 2003. Tanaman Pengendali Lalat Buah. AgromediaPustaka, Tangerang.
- Latumahina, F.S., Mardiatmoko, G., Tjoa, M., 2020a. Penggunaan Biopestisida Nabati Untuk Pengendalian Hama Tanaman Perkebunan. PenerbitAdab, Indramayu.

- Latumahina, F.S., Mardiatmoko, G., Tjoa, M., Wattimena, C., 2020b. Penggunaan Biopestisida Nabati. CV.AdanuAbimata, Indramayu.
- Leksono, A.S., Hakim, L., 2021. Sistematika Hewan Vertebrata. UBPress, Malang.
- Lumowa, S.V.T., Purwati, S., 2021. Entomologi. MediaNusaCreative, Malang.
- Maulidya, H.U., 2022. Mengenal Arthropoda. CV.MediaEdukasiCreative.
- Mincheva, Y., Lazarova, S., Peneva, V., 2008. Syst Parasitol 70, 215–222.
- Mudjiono, G., 2013. Pengelolaan Hama Terpadu: Konsep, Taktik, Strategi, Penyusunan Program PHT dan Implementasinya. UBPress, Malang.
- Nurjanah, Abdullah, A., Hidayat, T., Seulalae, A. V., 2021. Molusca: Karakteristik, Potensi dan Pemanfaatan Sebagai Bahan Baku Industri Pangan dan Non Pangan. Syiah Kuala University Press, Aceh.
- Porusia, M., Darnoto, S., 2019. Pengendalian Vektor Penyakit. Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Posmaningsih, D.A.A., 2024. Pengenalan Entomologi dan Kesehatan Lingkungan dalam Bunga Rampai Entomologi. PTMediaPustakaIndo, Cilacap.
- Pracaya, 2007. Hama dan Penyakit Tanaman. PenebarSwadaya, Jakarta.

- Purnama, M.F., 2022. Gastropoda dan Bivalvia Perairan Tawar Sulawesi Tenggara. Yayasan Pendidikan Cendekia Muslim, Solok.
- Raharjo, B.T., 2023. Rekayasa Lingkungan Dalam Pengelolaan Hama Tanaman Ramah Lingkungan. Penerbit A-Empat, www.a-empat.com.
- Raharjo, S., 2021. Buku Pintar Penanggulangan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman). DIVA Press, Yogyakarta.
- Rahim, Abdul, Adiwena, M., Nurmaisah, 2021. Ilmu Perlindungan Tanaman. Syiah Kuala University Press, Aceh.
- Robbins, R.T., Brown, D.J.F., 1996. Descriptions of Three New Longidorus Species from Alaska (Nematoda: Longidoridae) 1, Journal of Nematology.
- Roeswitawati, D., Sukorini, H., 2022. Penyakit Tumbuhan. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Rosa, H.O., Pramudi, M.I., 2024. Pengantar Ketahanan Tanaman Terhadap Hama. Yayasan Cendekia Mulia Mandiri, Batam.
- Rosida, D.F., Sukorini, H., 2024. Keong Sebagai Sumber Nutrisi Protein Hewani dan Pangan Fungsional. Unisma Press, Malang.
- Sembel, D.T., 2018. Hama-Hama Tanaman Hortikultura. Lily Publisher, Yogyakarta.
- Setiawan, D.F., Suyadi, Rosfiansyah, 2019.

- Wagiman, F.X., Bunga, J.A., 2023. Keong Mas Hama Padi Tantangan dan Peluang, Studi Kasus di Kabupaten Malaka Provinsi Nusa Tenggara Timur. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wijayanto, W., 2022. Mengenal Kehidupan Serangga. CVMediaEdukasiCreative.

BAB 11

PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN KONSEP DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN HAMA TERPADU (PHT)

Oleh Prihatin

11.1 Pengantar Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Praktik pertanian yang intensif dalam beberapa dekade terakhir ini menyebabkan peningkatan penggunaan pestisida kimia sebagai pilihan utama dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT). Penggunaan pestisida ini memang terbukti efektif dalam jangka pendek karena mampu menurunkan populasi OPT dengan cepat. Namun, dampak jangka panjangnya menimbulkan berbagai masalah serius, seperti terjadinya resistensi hama terhadap bahan aktif pestisida, menurunnya keanekaragaman hayati akibat terganggunya ekosistem alam, dan risiko kesehatan bagi manusia yang terpapar residu pestisida melalui rantai makanan dan lingkungan. Selain itu, pencemaran tanah dan air akibat adanya penumpukan bahan kimia beracun semakin memperburuk kondisi lingkungan pertanian.

Konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) muncul sebagai solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk mengatasi persoalan yang ditimbulkan oleh penggunaan pestisida yang berlebihan. Penerapan

PHT tidak hanya bertujuan untuk mengendalikan hama secara efektif, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan ekologi, kesehatan manusia, dan keberlanjutan sistem pertanian. Di Indonesia, kebijakan terkait PHT telah diatur dalam peraturan perundang-undangan, antara lain Undang-Undang Nomor 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budidaya Pertanian Berkelanjutan (Malik, dkk., 2022). Regulasi tersebut mengamanatkan bahwa pengendalian OPT harus dilakukan secara terpadu dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti efisiensi pengendalian, efektivitas teknik yang digunakan, keamanan bagi konsumen dan lingkungan, serta dampaknya terhadap peningkatan kesejahteraan petani dan pelaku agribisnis.

Pendekatan PHT mengutamakan perpaduan berbagai strategi pengendalian, mulai dari penggunaan varietas tanaman yang tahan hama, pemanfaatan musuh alami, pengelolaan ekosistem pertanian, hingga penggunaan pestisida secara tepat dan bijaksana. Penerapan strategi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia, tetapi juga menciptakan sistem pertanian yang lebih stabil, produktif, dan berkelanjutan untuk generasi mendatang.

11.1.1 Definisi dan Konsep Dasar PHT

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) atau *Integrated Pest Management* (IPM) merupakan pendekatan dalam mengelola organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang mencakup hama, penyakit, dan gulma. Seluruh organisme

ini hidup di lingkungan pertanian dan berpotensi merusak tanaman serta menurunkan hasil panen, baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

PHT menekankan pada pengelolaan OPT melalui proses pengambilan keputusan yang berbasis prinsip ekologi dan ekonomi. Keputusan dalam pengendalian OPT tidak hanya mempertimbangkan efektivitas teknik yang digunakan, tetapi juga dampaknya terhadap keseimbangan lingkungan dan keberlanjutan sistem pertanian. Pendekatan terpadu dalam PHT mencakup berbagai cara pengendalian yang disesuaikan dengan jenis OPT yang dihadapi. Pengendalian ini melibatkan kombinasi berbagai teknologi yang selaras untuk memastikan efektivitas dan keberlanjutan. Selain itu, PHT dipandang sebagai bagian dari sistem usaha tani yang lebih luas, sehingga aspek ekonomi, ekologi, dan sosial turut menjadi pertimbangan utama.

Berbagai definisi mengenai PHT telah dikemukakan oleh para ahli, namun semuanya berlandaskan pada konsep yang sama, yaitu pendekatan ekologi dalam pengelolaan hama. Flint dan van den Bosch (1981) mendefinisikan PHT sebagai strategi pengendalian yang menitikberatkan pada peran faktor pengendali alami seperti musuh alami dan kondisi lingkungan. Metode yang diterapkan harus seminimal mungkin mengganggu keseimbangan ekosistem agar faktor pengendali alami tetap berfungsi secara optimal. Rabb dan Guthrie (1970) menjelaskan bahwa PHT bertujuan meminimalisasi permasalahan hama melalui tindakan yang didasarkan pada pemahaman terhadap aspek biologi, ekologi, dan

ekonomi hama. Pendekatan ini diharapkan memberikan hasil yang menguntungkan semua pihak yang terlibat dalam sistem pertanian. Menurut Kogan (1998), PHT berperan sebagai sistem penunjang pengambilan keputusan dalam memilih dan menerapkan taktik pengendalian OPT. Keputusan tersebut didasarkan pada analisis biaya dan manfaat, serta mempertimbangkan kepentingan petani, produsen, masyarakat, dan dampaknya terhadap lingkungan.

Konsep utama dari PHT adalah pendekatan yang holistik dan tidak hanya berfokus pada hama sebagai permasalahan utama. Pengelolaan populasi hama dilakukan hingga berada pada tingkat kepadatan yang tidak menyebabkan kerugian ekonomi. Pemantauan populasi hama secara berkala menjadi langkah penting dalam penerapan PHT. Selain itu, teknik pengendalian yang digunakan harus bersifat kompatibel dan mampu bekerja secara sinergis untuk mencapai hasil yang optimal serta berkelanjutan.

11.1.2 Sasaran dan Manfaat Penerapan PHT

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) bertujuan untuk mengendalikan OPT dengan dengan cara-cara yang efektif, efisien, dan aman, sehingga dapat mencegah terjadinya kerugian di sektor pertanian. Penerapan PHT difokuskan pada pengelolaan populasi OPT atau tingkat serangan OPT agar tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, seperti ambang batas ekonomi, ambang batas pengendalian, atau ambang batas tindakan (Untung, 2001). Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan tanaman

sekaligus menjaga produksi pertanian tetap maksimal dan kualitas hasil panen tetap terjaga.

Salah satu manfaat utama PHT adalah mengurangi ketergantungan pada penggunaan pestisida kimia, yang dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan pendekatan yang lebih ramah lingkungan, PHT membantu membatasi penggunaan pestisida, mengurangi terjadinya pencemaran tanah dan air, serta mencegah resistensi hama terhadap bahan kimia. Selain itu, penerapan PHT memberikan manfaat ekonomi yang berarti bagi petani dan pelaku usaha pertanian. Pengelolaan hama yang lebih efisien dapat mengurangi biaya produksi, sehingga meningkatkan pendapatan dan keuntungan pertanian. PHT juga berkontribusi terhadap kesejahteraan petani, karena dapat memperoleh hasil panen yang maksimal tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar untuk pengendalian hama.

Lebih jauh, PHT mendukung pelestarian lingkungan dengan memanfaatkan sumber daya alam secara bijak, menjaga keseimbangan ekosistem, dan mendorong keberlanjutan pertanian yang ramah lingkungan. Melalui penerapan PHT, sektor pertanian dapat berlanjut secara berkelanjutan, memberikan manfaat jangka panjang bagi petani, masyarakat, dan lingkungan.

11.2 Prinsip Dasar Pengendalian Hama Terpadu

Upaya pengelolaan hama pada sistem pertanian sekarang ini tidak hanya sekedar untuk menekan populasi organisme pengganggu tanaman, tetapi juga untuk

memastikan keberlangsungan ekosistem pertanian. Keberhasilan dalam melindungi tanaman dari serangan hama bergantung dari berbagai pendekatan yang dapat diterapkan secara bertahap dan berkelanjutan. Sehingga diperlukan strategi yang tidak hanya efektif dalam menekan populasi hama, tetapi juga mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan siklus ekologi. Melalui pemahaman prinsip-prinsip dasar pengelolaan hama, para petani dan praktisi pertanian dapat mengambil langkah yang lebih tepat dalam menjaga kestabilan produksi pertanian tanpa bergantung pada satu cara pengendalian saja.

11.2.1 Menjaga Kesehatan Tanaman dan Ketahanannya terhadap OPT

Salah satu prinsip dasar dalam penerapan PHT adalah untuk memastikan tanaman yang sehat dan tahan terhadap OPT. Hal ini dapat diwujudkan melalui praktik budidaya yang baik, seperti pemilihan varietas unggul tahan OPT, pengelolaan kesuburan tanah, dan penerapan teknik budidaya yang sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat. Menurut Hartono (2017), prinsip-prinsip pengendalian hama terpadu antara lain adalah menanam tanaman yang sehat dan memiliki daya tahan yang baik sebagai upaya pencegahan serangan hama. Dengan demikian, tanaman yang sehat akan lebih mampu bertahan terhadap serangan hama dan penyakit, sehingga mengurangi kebutuhan adanya tindakan pengendalian yang lebih intensif.

11.2.2 Meningkatkan Peran Pengendali Alami di Pertanian

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) menekankan pada pemanfaatan pengendalian alami sebagai bagian dari strategi pengelolaan hama yang ramah lingkungan. Keberadaan musuh alami dalam ekosistem pertanian memiliki peran penting dalam menekan populasi hama secara alami. Organisme seperti predator, parasitoid, dan patogen aktif mengendalikan hama secara sinergis tanpa perlu adanya pengaruh bahan kimia yang berlebihan. Keberlangsungan ekosistem pertanian dapat terjaga dengan adanya keseimbangan antara populasi hama dan musuh alami yang berkembang secara alami di lingkungan pertanian.

Musuh alami terdiri dari kelompok organisme yang memiliki fungsi berbeda dalam mengendalikan hama. Predator, seperti laba-laba dan kumbang *Coccinellidae*, memangsa serangga hama secara langsung. Sementara itu, parasitoid seperti *Trichogramma* meletakkan telur di dalam tubuh inang hama, yang kemudian akan mati setelah larva parasitoid berkembang. Selain itu, berbagai patogen, seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* dan cendawan entomopatogen, dapat menyebabkan infeksi yang melemahkan atau membunuh hama secara alami (Hidayat *et al.*, 2015). Peningkatan populasi musuh alami pada tanaman dapat dilakukan dengan menyediakan habitat yang sesuai, menghindari penggunaan pestisida kimia berspektrum luas, dan menanam tanaman yang menarik bagi organisme pengendali alami.

Selain pengendalian secara hayati, teknik pengendalian secara fisik juga dapat dilakukan untuk menekan populasi hama tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan perangkap feromon, pemasangan jaring pelindung, dan pengaturan kondisi lingkungan seperti pengaturan kelembapan dan suhu dapat secara efektif menghambat perkembangan hama. Dengan cara ini selain ramah lingkungan juga dapat menjadi solusi alternatif bagi petani dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis. Dengan mengoptimalkan peran komponen pengendali alami, baik hayati maupun fisik, sistem pertanian dapat berjalan optimal dan mendukung keseimbangan ekosistem dalam jangka panjang.

11.2.3 Pemantauan untuk Menentukan Tindakan Intervensi dalam Pengamanan Hasil Panen

Pemantauan populasi hama dan kondisi tanaman secara teratur merupakan langkah penting dalam penerapan PHT. Pemantauan ini untuk mengidentifikasi perkembangan populasi hama dan kondisi tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Menurut Untung (1993), pemantauan rutin sangat penting dalam sistem PHT karena memungkinkan petani untuk mendeteksi perkembangan populasi OPT secara dini, sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan tepat waktu. Dengan pengamatan yang rutin, petani dapat mengetahui perkembangan populasi OPT secara lebih dini, sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan tepat waktu.

Melalui monitoring yang cermat, petani dapat menentukan apakah populasi hama telah mencapai ambang ekonomi yang memerlukan tindakan pengendalian atau masih dalam tingkat yang dapat ditoleransi. Ambang ekonomi adalah batas populasi hama yang dapat menimbulkan kerugian secara ekonomi jika tidak segera dikendalikan. Menurut Stern *et al.* (1959) pendekatan pemantauan berbasis ambang ekonomi membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait strategi pengendalian OPT di lapangan. Dengan memahami kondisi ini, petani dapat menghindari tindakan pengendalian yang tidak perlu, sehingga efisiensi produksi dapat dipertahankan dan dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan. Selain itu, pemantauan yang dilakukan secara teratur dan terstruktur dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Dengan adanya penanganan yang tepat waktu dan berdasarkan data pemantauan, penggunaan pestisida dapat dikurangi dan lebih diarahkan pada teknik pengendalian yang lebih ramah lingkungan.

11.3 Komponen Teknologi dalam PHT

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) mengandalkan berbagai komponen teknologi yang diterapkan secara sinergis untuk menekan populasi hama tanpa merusak keseimbangan ekosistem. Teknologi dalam PHT mencakup metode pengendalian yang bersifat preventif dan kuratif, dengan memanfaatkan prinsip ekologi serta meminimalkan ketergantungan pada bahan kimia sintetis. Menurut Indiaty dan Marwoto (2017), penerapan teknologi dalam PHT

harus disesuaikan dengan kondisi agroekosistem setempat agar mampu meningkatkan efektivitas pengendalian hama sekaligus mempertahankan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Menurut Bottrel (1979) beberapa komponen utama dalam teknologi PHT yaitu pengendalian kultur teknik, pengendalian hayati, pengendalian fisik dan mekanis, pengendalian kimiawi, dan varietas tahan.

11.3.1 Pengendalian Kultur Teknik

Komponen PHT melalui pendekatan kultur teknis dilakukan dengan cara menyesuaikan lingkungan sehingga kurang mendukung perkembangan hama. Menurut Ibrahim *et al.* (2024), hal ini bertujuan untuk menekan populasi hama dan mengurangi kerusakan yang ditimbulkan, sehingga pengendalian dapat dilakukan secara efisien dan ekonomis. Beberapa teknik yang dapat digunakan dalam pengendalian kultur teknis, yaitu:

Rotasi Tanaman. Rotasi tanaman merupakan teknik budidaya yang dilakukan dengan cara menanam berbagai jenis tanaman secara bergantian dalam satu lahan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi populasi hama yang bergantung pada satu jenis tanaman sebagai inang utama. Rotasi tanaman menurut Elfianis (2023), rotasi tanaman dapat mengganggu siklus hidup hama dan penyakit, sehingga menekan perkembangannya dan mengurangi risiko lonjakan populasi pada musim tanam berikutnya karena tidak mendapatkan inang yang sama.

Penggunaan Varietas Tahan. Penggunaan varietas tahan hama dalam PHT merupakan salah satu cara efektif untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida. Varietas

tahan secara alami menekan populasi hama, mengurangi kerusakan tanaman, dan lebih ramah lingkungan. Di Indonesia, penerapan varietas padi tahan wereng coklat telah berhasil mengendalikan hama ini sejak tahun 1970.

Penyesuaian Waktu Tanam. Teknik ini merupakan salah satu cara pengendalian dengan mengatur jadwal tanam berdasarkan siklus hidup hama untuk menghindari periode kritis serangan hama. Sebagai contoh, pada budidaya padi, penanaman yang seragam di suatu area dapat mengurangi ketersediaan makanan bagi hama, sehingga dapat menekan populasi hama secara alami tanpa memerlukan banyak pestisida.

11.3.2 Pengendalian Secara Biologis atau Hayati

Pengendalian hayati merupakan salah satu strategi utama dalam PHT yang bertujuan untuk menekan populasi hama menggunakan organisme hidup. Pendekatan ini dianggap lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan pencemaran seperti pestisida kimia serta dapat menjaga keseimbangan ekosistem pertanian (Helmi et. al., 2015). Pengendalian hayati dilakukan dengan memanfaatkan musuh alami, seperti predator, parasitoid, dan patogen, atau melalui introduksi serta konservasi agen hayati yang berperan dalam menekan perkembangan hama secara alami.

Pemanfaatan Musuh Alami. Musuh alami merupakan organisme yang secara alami dapat mengendalikan populasi hama melalui pemangsaan, parasitisme, atau infeksi patogen. Tiga kelompok utama musuh alami dalam pengendalian hayati adalah predator, parasitoid, dan

patogen. Predator adalah organisme yang memangsa hama secara langsung, seperti kumbang *Coccinellidae* yang memakan kutu daun (*Aphididae*) dan laba-laba yang memangsa berbagai jenis serangga hama (Nelly *et al.*, 2015). Parasitoid adalah serangga yang bertelur di dalam atau pada tubuh inangnya, seperti *Trichogramma spp.*, yang menyerang telur lepidoptera hama tanaman (Smith, 1996). Sementara itu, patogen merupakan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, virus, dan nematoda yang dapat menyebabkan penyakit pada hama, contohnya *Beauveria bassiana* yang efektif menginfeksi serangga hama penting pada tanaman tebu seperti *Chilo sacchariphagus*, penggerek batang bergaris (Muliani & Srimurni, 2022).

Introduksi dan Konservasi Agen Hayati. Introduksi agen hayati dilakukan dengan melepas musuh alami ke ekosistem untuk mengendalikan hama. Salah satu contoh keberhasilannya adalah penggunaan *Cryptolaemus montrouzieri*, kumbang predator yang efektif mengendalikan kutu putih *Paracoccus marginatus* pada tanaman pepaya, hama invasif yang ditemukan di Indonesia pada 2008 (Wahyuningsih *et al.*, 2019). Sementara itu, konservasi agen hayati bertujuan mempertahankan dan meningkatkan populasi musuh alami yang sudah ada. Metode konservasi mencakup penyediaan pakan alternatif, tanaman berbunga sebagai sumber nektar bagi parasitoid, serta pengurangan insektisida yang dapat membunuh musuh alami. Abdullah *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pemberian pakan buatan dari ikan dan udang afkir dapat meningkatkan populasi semut *Solenopsis sp.* di ekosistem sawah, yang berperan sebagai musuh alami hama padi.

11.3.3 Pengendalian Fisik dan Mekanis

Pengendalian secara fisik dan mekanis adalah cara pengelolaan hama yang menekan populasi hama secara langsung tanpa bergantung pada bahan kimia sintetis. Pengendalian ini meliputi penangkapan, pencegahan, dan pemusnahan hama untuk mengurangi kerusakan tanaman. Anshary (2023) menyatakan bahwa cara ini ramah lingkungan, mudah diterapkan, dan dapat digunakan bersamaan dengan cara lain dalam budidaya pertanian berkelanjutan. Contohnya seperti penggunaan perangkap, sanitasi lahan, dan teknik budidaya yang menghambat hama. Selain efektif dan murah, metode ini dapat mengurangi populasi hama secara nyata tanpa merusak lingkungan.

Penggunaan Perangkap. Perangkap merupakan teknik pengendalian mekanik yang efektif untuk menarik dan menangkap hama. Dalam pertanian, perangkap umumnya menggunakan feromon, cahaya, dan warna sebagai daya tarik utama. Feromon adalah senyawa kimia yang digunakan serangga untuk berkomunikasi, terutama saat kawin. Perangkap feromon menarik serangga jantan untuk menekan populasi hama sebelum berkembang biak (Florina & Nurbaeti, 2013). Perangkap cahaya, seperti cahaya ultraviolet, digunakan untuk menangkap serangga nokturnal seperti penggerek batang padi (*Scirpophaga incertulas*). Sementara itu, perangkap warna memanfaatkan warna tertentu, seperti kuning untuk lalat buah (*Bactrocera spp.*), sehingga hama tertarik dan terperangkap oleh perekat.

Sanitasi Lahan dan Teknik Budidaya. Sanitasi lahan adalah metode pengendalian hama dengan membersihkan sisa tanaman, gulma, dan bagian tanaman terinfeksi untuk mengurangi sumber makanan dan habitat hama. Praktik ini efektif menekan populasi hama dan penyebaran penyakit tanaman. Selain itu, teknik budidaya seperti pengaturan jarak tanam, penggunaan mulsa, dan pemangkasan dapat membatasi perkembangan hama. Misalnya, pemangkasan tunas pada cabai dapat mengurangi serangan *Thrips* dan *Bemisia tabaci*. Penerapan sanitasi lahan dan teknik budidaya yang tepat membantu mengendalikan hama secara alami.

11.3.4 Pengendalian Secara Kimiawi

Pengendalian kimiawi merupakan salah satu metode pengendalian hama dalam sistem PHT dengan menggunakan bahan kimia untuk menekan populasi hama hingga ke tingkat yang tidak merugikan secara ekonomi. Bahan kimia ini, yang disebut pestisida, dapat berasal dari ekstrak tumbuhan alami (pestisida botani) atau bahan kimia sintesis (pestisida sintetis). Pestisida botani, seperti ekstrak *Azadirachta indica* (mimba) yang mengandung *azadirachtin*, menghambat pertumbuhan dan reproduksi hama (Dewati *et al.*, 2009). Beberapa pestisida botani juga diproduksi untuk meningkatkan efektivitasnya. Sementara itu, pestisida sintetis, seperti organofosfat dan piretroid, banyak digunakan dalam pertanian modern karena efektivitasnya yang tinggi. Namun, penggunaan pestisida sintetis harus dikelola secara bijaksana untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan, resistensi hama, dan gangguan terhadap organisme bukan sasaran. Sehingga

pengendalian secara kimiawi dalam PHT harus dipadukan dengan cara lain agar pengelolaan hama tetap berkelanjutan dan ramah lingkungan.

11.3.5 Pengendalian dengan Tanaman Varietas Tahan

Pengendalian varietas tahan dalam PHT memanfaatkan tanaman yang memiliki ketahanan alami terhadap hama untuk mengurangi penggunaan pestisida kimia. Strategi ini membantu menekan populasi hama tanpa merusak keseimbangan ekosistem. Seiring dengan perkembangan bioteknologi memungkinkan penciptaan tanaman transgenik yang tahan hama dengan menyisipkan gen dari organisme lain, seperti *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), yang menghasilkan protein insektisida alami. Contohnya, padi *Bt* dan jagung *Bt* mampu melawan penggerek batang (*Scirpophaga incertulas*) dan ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*), sehingga mengurangi kebutuhan insektisida (Bravo *et al.*, 2011). Di Indonesia, kapas *Bt* menjadi tanaman transgenik pertama yang dilepas secara terbatas di Sulawesi Selatan pada 2003. Tanaman ini membantu meningkatkan hasil panen, menekan biaya produksi, dan mengurangi dampak negatif akibat penggunaan pestisida sintetis (Bahagiawati & Bermawie, 2017).

11.4 Strategi Implementasi PHT di Lapangan

Penerapan PHT di lapangan melibatkan berbagai aspek teknis dan non teknis. Pemilihan cara pengendalian yang tepat adalah salah satu faktor penting, namun tanpa didukung oleh strategi penerapan yang efektif dan konsisten, maka keberhasilannya akan rendah. Dalam

praktiknya, keberhasilan PHT tergantung pada sinergi antara petani, penyuluh, serta lembaga penelitian dan pemerintah yang masing-masing memiliki peran dalam mendukung penerapan di lapangan. Selain itu, aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan juga turut membentuk dinamika penerapan PHT dalam ekosistem pertanian. Pendekatan partisipasi menjadi salah satu cara untuk memastikan konsep PHT dapat diterima dan diterapkan secara luas oleh petani, sehingga manfaatnya tidak hanya dirasakan dalam jangka pendek, namun juga mendukung keberlanjutan produksi pertanian di masa depan.

11.4.1 Pendekatan Partisipasi dalam Implementasi PHT

Pendekatan secara partisipasi berperan penting dalam penerapan PHT, dengan menempatkan petani sebagai pelaku utama dalam pengambilan keputusan pengendalian hama. Melalui pendekatan ini, petani tidak hanya sebagai pelaksana di lapangan, tetapi juga berperan aktif dalam memahami ekosistem pertanaman dan menerapkan teknik pengendalian hama yang lebih terpadu. Pelatihan dan pendampingan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses ini, memberikan petani akses terhadap informasi dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mengadopsi strategi pengendalian yang lebih efektif. Menurut Untung (2006), program Sekolah Lapang PHT (SLPHT) sebagai metode berbasis partisipatif terbukti mampu meningkatkan pemahaman petani tentang strategi pengendalian hama yang ramah lingkungan secara efektif. Dengan keterlibatan aktif ini, penerapan PHT dapat lebih mudah disesuaikan dengan kondisi spesifik di setiap daerah,

sehingga mendukung terciptanya sistem pertanian yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

11.4.2 Peran Petani, Penyuluh, dan Lembaga Penelitian dalam Penerapan PHT

Penerapan PHT di lapangan melibatkan kerja sama antara berbagai pihak, terutama petani, penyuluh, dan lembaga penelitian. Petani berperan sebagai pelaksana utama yang menerapkan teknik pengendalian hama sesuai dengan kondisi pertanamannya. Penyuluh hadir sebagai pendamping yang membantu petani dalam mengakses informasi dan teknologi terbaru terkait PHT. Sementara itu, lembaga penelitian berkontribusi dalam mengembangkan inovasi serta metode pengendalian hama yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Di tingkat lapangan, penerapan PHT tidak hanya bergantung pada individu petani, tetapi juga pada kerja sama antara sesama petani atau kelompok tani dalam satu kawasan. Petani yang telah mendapatkan pelatihan Sekolah Lapang PHT (SLPHT) dapat berbagi pengetahuan dengan petani lain yang belum mendapat pelatihan, sehingga terjadi transfer ilmu dan keterampilan dalam pengendalian hama. Keputusan dalam mengendalikan hama juga perlu disinergikan antarpetani dalam satu hamparan lahan, sehingga pengendalian dapat dilakukan secara seragam dan lebih efektif. Selain di tingkat kelompok tani, koordinasi juga perlu diperluas hingga antarwilayah untuk memperkuat komunikasi dan kerja sama dalam pengelolaan hama (Rahmawati *et al.*, 2024). Penerapan PHT dalam skala luas memerlukan kolaborasi yang melibatkan petani, penyuluh, pemerintah, serta pemangku

kepentingan lainnya. Dengan adanya partisipasi aktif dari berbagai pihak, proses pengendalian hama dapat berjalan lebih terarah dan berkelanjutan, mendukung ketahanan pangan serta keseimbangan ekosistem pertanian.

11.5 Kendala dan Tantangan dalam Penerapan Teknologi PHT

Penerapan PHT di lapangan tidak terlepas dari berbagai tantangan yang mempengaruhi efektivitas dan tingkat adopsinya di kalangan petani. Salah satu hambatan utama yang sering ditemui adalah rendahnya tingkat penerimaan terhadap teknologi PHT, yang sebagian besar disebabkan oleh keterbatasan akses terhadap informasi serta minimnya pelatihan yang sistematis dan berkelanjutan (Widodo & Suryani, 2021). Petani yang tidak mendapatkan pendampingan yang cukup cenderung tetap mengandalkan cara konvensional, terutama penggunaan pestisida kimia sintesis yang sudah lama menjadi praktik umum dalam pertanian. Selain itu, kebiasaan menggunakan pestisida sebagai solusi cepat dalam pengendalian hama telah tertanam kuat di kalangan petani. Banyak di antara mereka menganggap bahwa pendekatan berbasis PHT lebih kompleks dan membutuhkan waktu serta upaya yang lebih besar dibandingkan dengan penyemprotan pestisida secara langsung. Faktor ekonomi juga berperan dalam hal ini, karena biaya awal untuk menerapkan metode PHT, seperti penggunaan agen hayati atau varietas tahan, sering kali dianggap lebih mahal dibandingkan dengan membeli pestisida yang tersedia secara luas di pasaran.

Tantangan lain yang turut mempengaruhi keberhasilan implementasi PHT adalah kondisi lingkungan yang tidak menentu. Perubahan iklim, dengan pola curah hujan yang semakin sulit diprediksi, sering kali mengganggu keseimbangan ekosistem pertanian dan mempengaruhi dinamika populasi hama. Dalam beberapa kasus, lonjakan populasi hama terjadi akibat perubahan suhu dan kelembaban yang tidak stabil, sehingga petani merasa perlu untuk kembali menggunakan pestisida dalam jumlah besar guna menghindari potensi gagal panen. Selain faktor teknis dan lingkungan, aspek kebijakan juga memiliki peran penting dalam menentukan keberlanjutan penerapan PHT. Dukungan dari pemerintah dalam bentuk regulasi yang mendorong penggunaan metode ramah lingkungan masih perlu diperkuat. Insentif bagi petani yang menerapkan PHT, seperti akses terhadap subsidi pupuk organik atau pendampingan teknis yang lebih intensif, dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan adopsi teknologi ini di tingkat lapangan.

Dengan berbagai tantangan yang ada, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dalam mendukung petani agar dapat menerapkan PHT secara efektif. Edukasi yang berkelanjutan, peningkatan akses terhadap teknologi, serta sinergi antara petani, penyuluh, dan peneliti menjadi kunci dalam membangun sistem pertanian yang lebih berkelanjutan.

11.6 Inovasi dan Pengembangan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) di Masa Depan

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian terus mendorong inovasi dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT) agar lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Salah satu inovasi yang tengah berkembang pesat adalah pemanfaatan teknologi drone untuk penyemprotan pestisida dan pupuk secara presisi. Menurut Upland Project (2024), drone pertanian dilengkapi dengan peralatan penyemprot canggih yang mampu mendistribusikan pestisida atau pupuk secara merata dan akurat pada area pertanian yang ditargetkan. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan kimia, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan menekan residu pestisida berlebih di tanah dan air.

Selain itu, pengembangan biopestisida berbasis mikroba dan ekstrak tumbuhan semakin mendapat perhatian sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan dibandingkan pestisida sintetik. Konsep ini selaras dengan penerapan PHT biointensif yang dikembangkan oleh IPB University, yang mencakup bioimunisasi benih, penambahan pupuk organik, optimalisasi pemupukan NPK, serta pengurangan penggunaan pestisida kimia sintetik (Wiyono, 2024). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem pertanian.

Ke depan, PHT akan semakin terintegrasi dengan prinsip pertanian presisi yang memungkinkan petani mengoptimalkan sumber daya secara lebih efisien. Pemanfaatan teknologi berbasis seluler untuk pemantauan hama dan penyakit tanaman, seperti yang diperkenalkan oleh IPB University, memberikan peluang bagi petani untuk melakukan pengendalian hama yang lebih cepat, akurat, dan berbasis data *real time* (Nurmansyah & Hadi, 2023). Dengan perkembangan inovasi ini, sistem PHT di masa depan diharapkan tidak hanya meningkatkan efektivitas pengendalian hama tetapi juga mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetik, mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan, serta memperkuat ketahanan pangan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T., Pata'dungan, A., Aminah, S. N., Prihatin, P., Wiridannisaa, N., & Gassa, A. (2023). Preference of ant (*Solenopsis* sp.; Hymenoptera: Formicidae) for salted fish and dried shrimps based artificial foods. *International Journal of Agriculture and Biology*, 30, pp. 209–214.
- Anshary, A. (2019). *Pengelolaan Hama Terpadu*. Diakses dari: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/latar-belakangepengelolaan-hama-terpadu>.
- Bahagiawati, & Bermawie, N. (2017). Potensi Sumbangan Kapas Bt untuk Peningkatan Produksi Kapas di Indonesia. *Jurnal AgroBiogen*, 13(2), pp. 137–146.
- Bottrell, D. R. (1979). *Council on Environmental Quality Integrated Pest Management*. Government Printing Office, Washington DC.
- Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S. S. & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide', *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(7), pp. 423–431. doi:10.1016/j.ibmb.2011.02.006.
- Dewati, R., Amiriyah, A., & Machillah, N. (2009). Pengaruh Volume Pelarut, Waktu dan Suhu Ekstraksi terhadap Penentuan Kadar Azadirachtin pada Biji Mimba. *Chemical Engineering Seminar Soebardjo Brotohardjono VI*, Surabaya, 18 June 2009.

- Elfianis, R. (2023). *Pengertian Rotasi Tanaman: Fungsi, Jenis dan Contohnya*. Diakses dari: <https://agrotek.id/pengertian-rotasi-tanaman/>.
- Florina, D. & Nurbaeti, B. (2013). *Aplikasi Berferomon di Pertanaman Padi*. Bandung: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat.
- Flint, M. L., & van den Bosch, R. (1981). 'A History of Pest Control', in *Introduction to Integrated Pest Management*. Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-1-4615-9212-9_4.
- Helmi, Didik, S., & Purwatiningsih. (2015). Aplikasi Agen Pengendali Hayati terhadap Populasi Hama (*Plutella xylostella* Linn. dan *C. pavonana* Zell.) dan Musuh Alaminya pada Tanaman Kubis di Desa Kalibaru Kulon, Kab. Banyuwangi. *Jurnal ILMU DASAR*, 16(2).
- Ibrahim, E., et al. (2024). *Pengendalian Hama Terpadu (PHT)*. Bandung: Penerbit Widina Media Utama. ISBN: 978-623-459-906-0.
- Indiati, S. W., & Marwoto, M. (2017). Penerapan pengendalian hama terpadu (PHT) pada tanaman kedelai. *Buletin Palawija*, 15(2), pp. 87–100.
- Kogan, M. (1998). Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. *Annual Review of Entomology*, 43, pp. 243–270. doi:10.1146/annurev.ento.43.1.243.

- Malik, A. F., Subarjah, C., & Siagian, R. (2022). *Sosialisasi Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PPHT) Tanaman Lada di Provinsi Kalimantan Barat*. Diakses dari: <https://ditjenbun.pertanian.go.id/sosialisasi-penerapan-pengendalian-hama-terpadu-ppht-tanaman-lada-di-provinsi-kalimantan-barat>.
- Muliani, Y. & Srimurni, R. R. (2022) *Agensia Pengendali Hayati*. Sukabumi: CV Jejak, anggota IKAPI.
- Nelly, N., Yaherwandi, & Effendi, M. S. (2015). Keanekaragaman *Coccinelidae* Predator dan Kutu Daun (*Aphididae* spp.) pada Ekosistem Pertanaman Cabai. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(2), pp. 247–253. doi:10.13057/psnmmbi/m010213.
- Nurmansyah, A., & Hadi, A. A. (2023). *IPB University Kenalkan Pemanfaatan Teknologi Seluler untuk Monitoring Hama Penyakit Tanaman*. Diakses dari: <https://www.ipb.ac.id/news/index/2023/12/ipb-university-kenalkan-pemanfaatan-teknologi-seluler-untuk-monitoring-hama-penyakit-tanaman>.
- Rabb, R. L., & Guthrie, F. E. (1970). *Concepts of Pest Management*. Raleigh: North Carolina State University Press.
- Rachmawati, J., Kurniawati, T., Puspitasasi, A., & Amalia, L. N. (2024). Perubahan Paradigma PHT, dari Pendekatan PHT Petak ke Petak Menjadi Pendekatan PHT Skala Luas. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Agribisnis*, 8(1), pp. 140–144.

- Rudi Hartono. (2017). Inventarisasi Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dan Implementasi Pengendalian Hama Terpadu (HPT) pada Tanaman Padi di Bogor Jawa Barat. *Jurnal Triton*, 8(1), pp. 12–27.
- Smith, S. M. (1996). Biological Control with *Trichogramma*: Advances, Successes, and Potential of Their Use. *Annual Review of Entomology*, 41, pp. 375–406.
- Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R., & Hagen, K. S. (1959). The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: The integrated control concept. *Hilgardia*, 29(2), pp. 81–101.
- Untung, K. (1993). *Konsep Pengendalian Hama Terpadu*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Untung, K. (2001). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Untung, K. (2006). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Upland Project. (2024). *Penyemprotan Drone: Optimalisasi Sistem Pertanian Modern*. Diakses dari: upland.psp.pertanian.go.id.
- Wahyuningsih, E., Rauf, A., & Santoso, S. (2019). Biologi, Neraca Hayati, dan Pemangsaan *Cryptolaemus montrouzieri* pada *Paracoccus marginatus*. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 16(1), pp. 18–28.

Wiyono, S. (2024). *IPB University Terapkan Teknologi PHT Biointensif*. Diakses dari: <https://www.ipb.ac.id/news/index/2024/09/ipb-university-terapkan-teknologi-pht-biointensif>.

BAB 12

PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN PENGENDALIAN HAYATI SEBAGAI KOMPONEN PHT YANG PENTING

Oleh Tamrin Abdullah

12.1 Konsep Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati merupakan salah satu pendekatan strategis dalam pengelolaan hama yang semakin penting dalam praktik pertanian modern. Secara sederhana, pengendalian hayati melibatkan penggunaan organisme hidup untuk mengurangi atau mengendalikan populasi hama yang merugikan tanaman. Pendekatan ini tidak hanya menawarkan solusi untuk mengatasi masalah hama, tetapi juga berfokus pada upaya menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan sumber daya alam.

Konsep pengendalian hayati itu sendiri dapat dipahami dengan dua cara yang berbeda: secara sempit dan luas, yang bergantung pada tujuan dan cara penerapannya dalam lingkup pertanian. Dalam pengertian sempit, pengendalian hayati lebih merujuk pada pemanfaatan musuh alami, seperti predator, parasit, atau patogen, yang secara langsung menyerang atau mengendalikan jumlah hama. Di sisi lain, secara lebih luas, pengendalian hayati mencakup berbagai teknik dan

metode yang bertujuan untuk memanfaatkan interaksi ekologis yang ada di alam, sehingga memberikan solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan hama.

Dalam praktiknya, pengendalian hayati terbagi menjadi dua kategori besar yang dikenal sebagai pengendalian hayati klasik dan pengendalian hayati modern. Pengendalian hayati klasik biasanya melibatkan pengenalan spesies musuh alami dari luar lingkungan tempat hama tersebut berkembang, dengan tujuan untuk memperkenalkan keseimbangan alami yang dapat menekan jumlah hama. Sedangkan pengendalian hayati modern lebih fokus pada pendekatan yang lebih terintegrasi dan berbasis pada teknologi, seperti rekayasa lingkungan, pemanfaatan agen hayati yang lebih spesifik, serta penggunaan metode yang lebih terukur dan efisien dalam mencapai hasil yang optimal.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengendalian hayati semakin diakui sebagai komponen yang sangat penting dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Pendekatan ini tidak hanya memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia yang seringkali membawa dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan keberlanjutan ekosistem, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi produksi pertanian. Dengan penerapan pengendalian hayati yang tepat, ketergantungan terhadap bahan kimia dapat dikurangi, sehingga menciptakan lingkungan pertanian yang lebih sehat dan berkelanjutan. Inilah sebabnya, pengembangan dan penerapan pengendalian hayati terus berkembang

pesat melalui berbagai penelitian dan inovasi yang bertujuan untuk memajukan teknologi ini, memastikan tercapainya sistem pertanian yang tidak hanya efisien tetapi juga berkelanjutan untuk masa depan.

12.1.1 Pengendalian Hayati dalam Arti Sempit

Pengendalian hayati adalah suatu upaya yang sengaja dilakukan dengan memanfaatkan musuh alami untuk mengendalikan organisme pengganggu tumbuhan (OPT), seperti hama tanaman, patogen penyebab penyakit tumbuhan, dan gulma. Ketiga kelompok makhluk hidup ini memiliki peran yang merugikan dalam pertanian, sehingga membutuhkan pengelolaan yang tepat agar tidak mengganggu produktivitas tanaman.

Hama tanaman, yang umumnya merupakan hewan, mengganggu atau merusak tanaman melalui aktivitas hidupnya, seperti makan atau bersarang, yang berakibat pada kerugian bagi petani. Mikroba patogen penyebab penyakit tumbuhan adalah organisme mikro yang dapat menginfeksi tanaman dan menyebabkan gejala yang khas, serta kerusakan yang berlangsung *irreversible* (tidak dapat diperbaiki). Sedangkan gulma, yang merupakan tumbuhan yang tumbuh di tempat yang tidak diinginkan, sering dianggap sebagai pengganggu yang bersaing dengan tanaman budidaya dalam mendapatkan sumber daya.

Hama tanaman sendiri bisa terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu hewan vertebrata dan invertebrata. Hewan vertebrata yang sering menjadi hama antara lain tikus, babi, bajing, dan burung (aves), sedangkan hewan invertebrata yang termasuk hama sering kali berupa

serangga, tungau, atau keong. Serangga (kelas Insecta), khususnya, memiliki jumlah spesies dan individu terbesar dibandingkan dengan hewan lainnya, sehingga memiliki beragam peran dalam ekosistem pertanian dan kehidupan manusia. Beberapa serangga berperan sebagai hama yang merusak tanaman, namun lebih banyak lagi yang berfungsi sebagai musuh alami, seperti predator dan parasitoid, yang mengendalikan populasi hama. Selain itu, serangga juga berperan sebagai penyerbuk (*pollinator*), pengurai bahan organik (*detritivore*), dan berbagai peran ekologi lainnya yang mendukung keseimbangan alam.

Dalam hal pengendalian hayati, pengertian sempitnya merujuk pada penggunaan organisme hidup, seperti predator, parasitoid, dan patogen untuk menekan populasi hama ke tingkat yang tidak merugikan secara ekonomi. Pengendalian hayati ini menekankan pada interaksi langsung antara musuh alami dan hama dalam ekosistem pertanian, yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan insektisida sintetis yang seringkali memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

12.1.2 Pengendalian Hayati dalam Arti Luas

Pengendalian hayati, seiring dengan perkembangannya, telah mengalami perubahan pengertian yang signifikan, terutama dikalangan pihak-pihak yang berupaya memperkenalkan dan memperluas penerapannya. Perubahan pengertian ini terjadi seiring dengan perluasan cakupan bidang yang dapat dijangkau dalam usaha pengendalian hayati itu sendiri. Sebagaimana dikemukakan oleh Ordish (1976) dalam Mangoendihardjo

dan Mahrub (1983), pengendalian hayati adalah penggunaan berbagai bentuk kehidupan untuk mengatasi bentuk kehidupan lain yang menimbulkan kerugian, seperti hama. Pengertian ini muncul seiring dengan istilah "*biological control*" yang diartikan sebagai pengendalian yang didasarkan pada ilmu hayat atau biologi.

Dalam pengertian yang lebih luas, pengendalian hayati mencakup segala bentuk interaksi biologis yang dapat mengurangi populasi organisme pengganggu, tidak hanya terbatas pada penggunaan musuh alami seperti predator, parasitoid, dan patogen, tetapi juga pemanfaatan mikroba antagonis untuk mengendalikan patogen tanaman. Pengendalian hayati yang lebih kompleks juga mencakup manipulasi ekosistem untuk meningkatkan efektivitas musuh alami dan pengelolaan habitat yang mendukung keberlanjutan populasi mereka. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada pengurangan populasi hama secara langsung, tetapi juga pada keseimbangan ekosistem secara keseluruhan, yang mendukung keberlanjutan dan kesehatan lingkungan pertanian.

Namun, sebagaimana diakui oleh DeBach (1964), tidak ada satu definisi tunggal yang dapat menggambarkan pengendalian hayati dengan tepat. Istilah pengendalian hayati dapat dipahami dalam berbagai pengertian, baik dari aspek ekologi maupun penerapannya. Dari aspek ekologi, pengendalian hayati diartikan sebagai aktivitas musuh alami yang berperan mempertahankan kerapatan populasi organisme pengganggu pada tingkat yang lebih rendah daripada jika musuh alami tersebut tidak ada. Pengendalian hayati pada intinya berfokus pada

pengelolaan hama yang memiliki dampak penting, karena hama yang tidak signifikan biasanya sudah secara alami dikendalikan oleh musuh alami.

Dengan berkembangnya pengelolaan hama secara umum, perluasan pengertian pengendalian hayati sering menimbulkan perbedaan pendapat dikalangan para ahli. Banyak yang berpendapat bahwa pengertian pengendalian hayati sebaiknya kembali pada pengertian yang lebih sempit, untuk menghindari ketidakjelasan dalam penerapannya. Dalam kaitan ini, kita sering mendengar istilah pengendalian hayati klasik dan modern. Pengendalian hayati klasik lebih menitikberatkan pada usaha introduksi musuh alami dari luar, sementara pengendalian hayati modern berfokus pada pengelolaan musuh alami yang sudah ada, melalui teknik augmentasi dan konservasi. Bahkan, pengendalian hayati modern juga mencakup penggunaan teknologi baru, seperti feromon dan serangga jantan atau mandul yang semakin memperluas cakupan definisi pengendalian hayati dalam arti luas.

12.2 Kekurangan dan Kelebihan Pengendalian Hayati

Setiap usaha, termasuk pengendalian hama, memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Dalam hal pengendalian hama, pendekatan yang berbeda, baik itu pestisida kimiawi, pengendalian hayati, atau metode lainnya, memiliki dampak yang berbeda. Beberapa metode mungkin lebih efektif dalam jangka pendek, tetapi memiliki

potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Di sisi lain, pendekatan yang lebih ramah lingkungan, seperti pengendalian hayati, sering kali membutuhkan waktu lebih lama untuk menunjukkan hasil yang stabil. Sehingga, penting untuk dipahami bahwa tidak ada satu pun metode pengendalian hama yang sempurna. Setiap pilihan harus dilihat dalam cakupan yang lebih luas, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti keberlanjutan, efisiensi, dan dampak jangka panjangnya terhadap ekosistem.

12.2.1 Kekurangan Pengendalian Hayati

Meskipun pengendalian hayati menawarkan berbagai keuntungan, seperti mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia dan mendukung keseimbangan ekosistem, metode ini juga memiliki beberapa kekurangan yang perlu dipahami sebelum diterapkan secara luas. Beberapa aspek utama yang menjadi tantangan dalam pengendalian hayati meliputi laju efektivitas, kepastian hasil, dan pengelolaan berkelanjutan dalam implementasinya.

12.2.1.1 Laju Efektivitas

Salah satu tantangan utama dalam pengendalian hayati adalah waktu yang dibutuhkan untuk menekan populasi hama. Berbeda dengan pestisida kimia yang dapat memberikan efek langsung dalam mematikan hama, pengendalian hayati bekerja melalui mekanisme alami yang membutuhkan proses lebih panjang dan lama. Misalnya, predator dan parasitoid membutuhkan waktu untuk berkembang biak dan membangun populasi yang cukup besar sebelum dapat memberikan pengaruh nyata terhadap

hama target. Umumnya, dibutuhkan waktu 3 hingga 5 tahun dari penetapan hama target hingga berhasil pada tingkat yang diinginkan. Hal ini menyebabkan teknik pengendalian hayati kurang efektif untuk situasi yang memerlukan respon cepat terhadap ledakan populasi hama. Sehingga, pengendalian hayati lebih tepat digunakan sebagai strategi pengendalian jangka panjang dibandingkan strategi yang bersifat cepat atau instan.

12.2.1.2 Kepastian Hasil

Efektivitas pengendalian hayati sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Faktor-faktor seperti suhu, kelembapan, serta ketersediaan sumber daya bagi musuh alami dapat menentukan keberhasilan metode ini. Sebagai contoh, kelembapan yang terlalu rendah dapat menghambat perkembangan entomopatogen yang digunakan sebagai agen pengendali hayati, sementara suhu ekstrem dapat mengurangi daya tahan predator terhadap tekanan lingkungan. Selain itu, perubahan ekologi yang terjadi akibat aktivitas manusia, seperti penggunaan pestisida atau perubahan lanskap pertanian, dapat mengganggu keseimbangan populasi musuh alami. Ketidakpastian pada hasil membuat pengendalian hayati memerlukan pemantauan yang cermat serta penyesuaian strategi berdasarkan kondisi lapangan.

12.2.1.3 Pengelolaan Berkelanjutan

Pengelolaan pengendalian hayati tidak bisa dilakukan sembarangan dan memerlukan pendekatan yang sistematis. Keberlanjutan populasi musuh alami di lingkungan pertanian sering kali menjadi tantangan,

terutama jika habitatnya terganggu oleh praktik pertanian yang intensif. Selain itu, terdapat risiko adaptasi hama terhadap musuh alami, yang dapat mengurangi efektivitas hal ini dalam jangka panjang. Beberapa spesies hama dapat mengembangkan mekanisme pertahanan atau perilaku yang membuat mereka lebih sulit dikendalikan oleh agen hayati tertentu. Maka dari itu, pengendalian hayati perlu dipadukan dengan strategi lain dalam sistem pengelolaan hama terpadu (PHT) agar tetap efektif dan berkelanjutan.

12.2.2 Kelebihan Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati memiliki berbagai keunggulan dibandingkan metode pengendalian lainnya, terutama jika ditinjau dari aspek ekonomi, ekologi, serta efikasi dan efisiensi.

12.2.2.1 Segi Ekonomi

Pengendalian hayati secara ekonomi, pendekatan ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis yang memerlukan biaya tinggi untuk produksi, distribusi, dan aplikasi (Gurr *et al.*, 2017). Selain itu, keberlanjutan pengendalian hayati sering kali lebih baik karena musuh alami yang telah berhasil beradaptasi di suatu ekosistem mampu mempertahankan efektivitasnya dalam jangka panjang tanpa perlu aplikasi berulang seperti halnya pestisida kimia (Eilenberg *et al.*, 2001).

12.2.2.2 Segi Ekologi

Ditinjau dari segi ekologi, pengendalian hayati merupakan strategi yang lebih berkelanjutan dibandingkan dengan pengendalian konvensional yang menggunakan

pestisida kimiawi, karena dampaknya yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan musuh alami dalam sistem pertanian tidak hanya berfungsi sebagai pengendali populasi organisme pengganggu tanaman, tetapi juga berperan dalam mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan bahan kimia sintetis. Selain itu, pendekatan ini dapat meminimalkan akumulasi residu pestisida pada tanaman dan tanah yang berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengancam organisme bukan sasaran yang memiliki peran penting dalam ekosistem pertanian (Bale *et al.*, 2008). Sebagai contoh, penerapan musuh alami pada ekosistem sawah telah terbukti mampu menekan populasi hama utama seperti *Nilaparvata lugens* dan *Scirpophaga incertulas*, sehingga mengurangi ketergantungan petani terhadap insektisida kimia. Penggunaan insektisida yang tidak terkendali sering kali menimbulkan efek samping dalam ekosistem, seperti ledakan populasi hama sekunder akibat matinya predator alami atau resistensi hama terhadap bahan aktif pestisida.

12.2.2.3 Segi Efikasi dan Efisiensi

Efikasi dalam pengendalian hayati tidak bersifat mutlak, mengingat keberhasilannya sangat bergantung pada berbagai faktor biotik dan abiotik yang mempengaruhi ekosistem pertanian. Namun demikian, pengendalian hayati masih menjadi strategi yang dapat diandalkan dalam jangka panjang, terutama jika diterapkan secara optimal dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Keuntungan utama dari pendekatan ini adalah kemampuannya untuk mengendalikan populasi hama

secara berkelanjutan tanpa menimbulkan kerugian yang sering dikaitkan dengan penggunaan pestisida kimia, seperti resistensi hama dan ledakan populasi hama sekunder. Selain itu, musuh alami atau agen hayati yang digunakan dalam pendekatan ini memiliki kemampuan untuk mencari target yang tersembunyi, sehingga dapat menjangkau area yang sulit dijangkau oleh pengendalian secara kimiawi maupun mekanik. Dalam kondisi tertentu, efikasi sarana pengendalian hayati bahkan dapat melebihi efektivitas pestisida sintesis atau alat pengendali mekanis, terutama pada lingkungan yang kompleks dan sulit dijangkau.

Efikasi yang tinggi dalam pengendalian hayati juga berkaitan erat dengan penggunaan sumber daya yang efisien dalam jangka panjang. Tidak seperti pestisida kimia yang membutuhkan aplikasi berulang untuk mempertahankan efektivitasnya, agen pengendali hayati yang telah terbentuk di suatu ekosistem dapat berkembang biak secara alami dan terus menjalankan fungsinya tanpa perlu penanganan tambahan. Dengan demikian, ketika populasi musuh alami telah stabil, kebutuhan untuk aplikasi berulang dapat diminimalisir, kecuali dalam kondisi tertentu seperti gangguan akibat perubahan iklim yang ekstrem. Kestabilan ekosistem memungkinkan musuh alami untuk bekerja secara mandiri, sehingga aspek finansial dan tenaga kerja dapat dioptimalkan secara efisien.

12.3 Agens Pengendali Hama Secara Hayati

Di alam terdapat berbagai faktor yang berperan dalam mengendalikan populasi hama secara alami, salah satunya adalah keberadaan musuh alami. Musuh alami

hama dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu predator, parasitoid, dan patogen yang mematikan serangga (Hidayat *et al.*, 2015). Predator berperan dengan memangsa hama secara langsung, sedangkan parasitoid berkembang biak dengan memanfaatkan tubuh inangnya yang pada akhirnya menyebabkan kematian hama. Sementara itu, patogen, seperti bakteri, cendawan, nematoda, dan virus, dapat menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada hama sehingga menekan populasi alami mereka.

Efektivitas musuh alami dalam mengendalikan hama sangat beragam dan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain jenis musuh alami yang digunakan, jenis hama yang menjadi target, dan kondisi lingkungan disekitar tanaman. Faktor lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan ketersediaan sumber daya, dapat mempengaruhi keberlanjutan dan kemampuan musuh alami untuk menekan populasi hama secara efektif. Dalam kondisi ekosistem yang seimbang, musuh alami dapat berkontribusi secara aktif dalam pengendalian hama tanpa perlu campur tangan manusia. Namun, dalam sistem pertanian modern yang sering mengalami gangguan ekologis akibat aktivitas manusia, keberadaan dan efektivitas musuh alami dapat berkurang, sehingga untuk meningkatkan peran musuh alami dalam pengendalian hama diperlukan campur tangan manusia.

12.3.1 Predator

Predator merupakan hewan pemangsa yang secara alami berperan dalam mengendalikan populasi hama di ekosistem pertanian. Selain serangga yang berperan sebagai

hama, terdapat pula berbagai jenis serangga dan hewan lainnya yang berfungsi sebagai predator, berkontribusi dalam menjaga keseimbangan populasi hama secara alami. Serangga predator umumnya memangsa hama dalam berbagai fase perkembangannya, termasuk telur, larva, nimfa, pupa, dan imago. Meskipun secara umum predator memiliki ukuran tubuh lebih besar dibandingkan dengan mangsanya, terdapat pula spesies predator dengan ukuran tubuh yang hampir setara atau bahkan lebih kecil dari mangsanya. Efektivitas predator dalam menekan populasi hama bervariasi tergantung pada jenisnya; beberapa predator sangat efisien dalam mengendalikan populasi hama tertentu, sementara yang lain memiliki peran yang lebih terbatas.

Untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya, individu predator umumnya membutuhkan lebih dari satu ekor mangsa sepanjang hidupnya. Metode pemangsaan yang digunakan oleh predator juga beragam, tetapi secara umum dapat dikategorikan menjadi dua cara utama, yaitu dengan menggigit dan mengunyah mangsa atau dengan mengisap cairan tubuh mangsa. Menurut Harahap (2015), berdasarkan tingkat spesifisitas mangsanya, predator dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama:

1. Predator Monofag

Predator monofag hanya memangsa satu jenis spesies tertentu. Contoh spesies ini adalah kumbang *Curinus coeruleus*, yang secara khusus memangsa kutu loncat lamtoro.

2. Predator Oligofag

Predator oligofag memangsa beberapa spesies mangsa yang masih berada dalam satu kelompok

taksonomi. Contohnya adalah *Coccinella septempunctata* (kumbang koksi), yang secara khusus memangsa berbagai spesies kutu daun (*Aphididae*), tetapi tidak memangsa serangga dari ordo lain.

3. Predator Polifag

Predator polifag memiliki cakupan mangsa yang lebih luas dan mampu memangsa berbagai jenis serangga hama dari berbagai ordo. Salah satu contoh yang sering ditemukan dalam ekosistem pertanian adalah semut predator. Abdullah *et al.* (2024) melaporkan bahwa spesies semut *Solenopsis invicta* dan *Anoplolepis gracilipes* secara efektif memangsa larva dan pupa ulat penggerek daun (*Lamprosema indicata* Fabricius), yang merupakan hama pada tanaman kedelai.

Selain berdasarkan cakupan mangsanya, predator juga dapat dikategorikan berdasarkan dampaknya terhadap mangsa, yaitu:

1. Predator Fatal

Predator fatal adalah predator yang secara langsung membunuh atau memangsa habis mangsanya. Misalnya, laba-laba *Lycosa pseudoannulata* yang memangsa wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi dengan cara menerkam dan membunuhnya sebelum dikonsumsi (Harahap, 2015).

2. Predator Nonfatal

Predator nonfatal tidak selalu membunuh mangsanya secara langsung tetapi dapat menghambat perkembangan dan reproduksi mangsa melalui interaksi predasi. Contohnya adalah *Geocoris spp.*, yang memangsa telur dan nimfa kutu daun serta wereng tanpa selalu membunuhnya secara langsung, tetapi

cukup untuk menekan populasi hama melalui gangguan aktivitas makan dan reproduksi.

12.3.2 Parasitoid

Parasitoid adalah serangga yang hidup dengan cara memarasit serangga lain, terutama hama, dengan menggunakan serangga tersebut sebagai inang selama siklus hidupnya. Serangga yang diparasit oleh parasitoid disebut sebagai inang, yang pada akhirnya akan mati karena diambil cairan tubuhnya oleh parasitoid. Pada umumnya, parasitoid bertahan hidup dengan bergantung pada inangnya, baik dengan cara menempel pada permukaan tubuh inang maupun berkembang di dalam tubuh inang dan menghisap cairan tubuh inang untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya.

Parasitoid sebagian besar berasal dari kelas yang sama dengan inangnya dan memiliki ukuran tubuh yang relatif sama. Setelah menyelesaikan siklus hidupnya, parasitoid akan menyebabkan kematian inangnya, sehingga menjadikannya sebagai salah satu agen pengendali hayati yang efektif dalam menekan populasi hama secara alami. Berdasarkan cara hidup dan letaknya dalam memarasit inang, parasitoid dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu ektoparasitoid dan endoparasitoid.

Ektoparasitoid adalah parasitoid yang menghabiskan seluruh siklus hidupnya di luar tubuh inang dengan cara menempel pada permukaan tubuh inang. Organisme ini memperoleh nutrisi dengan cara menghisap cairan tubuh inang tanpa masuk ke dalam tubuh inang. Contohnya adalah *Compsometris* sp. yang merupakan ektoparasitoid larva uret *Exopholis* sp. (Muliani & Srimurni, 2022).

Sedangkan **endoparasitoid** adalah parasitoid yang berkembang di dalam tubuh inang, dengan sebagian besar siklus hidupnya terjadi di dalam tubuh inang sebelum akhirnya menyebabkan kematian inang. Contoh dari kelompok ini adalah *Trichogramma* sp. yang merupakan parasitoid telur pada hama penggerek batang tebu dan padi, dan *Diadegma semiclausum* yang merupakan parasitoid larva pada ulat kubis *Plutella xylostella* (Harahap, 2015).

12.3.3 Entomopatogen (Patogen Serangga Hama)

Entomopatogen merupakan kelompok mikroorganisme yang mencakup bakteri, cendawan atau jamur, virus, dan nematoda yang memiliki kemampuan untuk menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada serangga hama. Mikroorganisme ini telah lama dimanfaatkan sebagai agen pengendalian hayati dalam sistem pertanian karena efektivitasnya dalam menekan populasi hama secara alami serta dampaknya yang minimal terhadap lingkungan dan organisme bukan sasaran.

Beberapa entomopatogen yang paling banyak digunakan dalam pengendalian hama adalah *Bacillus thuringiensis* (Bt), *Beauveria bassiana*, dan *Metarhizium anisopliae*. *Bacillus thuringiensis* merupakan bakteri gram positif yang menghasilkan toksin spesifik terhadap larva serangga dari ordo *Lepidoptera*, *Diptera*, dan *Coleoptera*, sehingga sering dimanfaatkan dalam formulasi bioinsektisida (Bravo et al., 2011). Sementara itu, *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* adalah cendawan atau jamur entomopatogen yang bekerja dengan cara menginfeksi serangga melalui kontak langsung, menembus

kutikula inang, dan berkembang biak di dalam tubuhnya, menyebabkan kematian akibat infeksi sistemik (Shah & Pell, 2003).

12.4 Penerapan Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati dapat diterapkan melalui berbagai teknik yang disesuaikan dengan karakteristik hama sasaran serta kondisi ekosistem tempat penerapannya. Strategi ini dapat dilakukan secara mandiri sebagai langkah utama pengendalian, maupun dikombinasikan dengan pendekatan lain dalam sistem pengendalian hama terpadu (PHT). Integrasi pengendalian hayati dengan cara lain, seperti penggunaan varietas tahan, pengelolaan agroekosistem, dan aplikasi pestisida selektif, bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme bukan target. Dengan demikian, pemilihan teknik pengendalian hayati harus mempertimbangkan faktor ekologis, efikasi, serta keberlanjutan dalam pengelolaan hama secara keseluruhan.

12.4.1 Teknik Pengendalian Hayati

Pendayagunaan musuh alami untuk menekan populasi hama dapat diterapkan melalui tiga pendekatan utama dalam pengendalian hayati, yaitu konservasi, introduksi (inokulasi), dan augmentasi (inundasi). Setiap metode memiliki prinsip dan mekanisme kerja yang berbeda sesuai dengan kondisi ekosistem serta karakteristik musuh alami yang digunakan.

1. Konservasi

Konservasi merupakan strategi pengelolaan musuh alami yang telah ada di suatu ekosistem dengan cara memodifikasi lingkungan agar mendukung kelangsungan hidup dan efektivitasnya dalam menekan populasi hama. Langkah ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti menyediakan habitat yang sesuai, mempertahankan keanekaragaman vegetasi, serta mengurangi penggunaan insektisida yang berspektrum luas yang dapat membahayakan musuh alami. Sebagai contoh, Abdullah *et al.* (2023) mengembangkan populasi semut *Solenopsis sp.* di ekosistem sawah sebagai predator alami hama padi. Teknik yang digunakan adalah penyediaan umpan berupa pakan buatan yang terdiri dari ikan dan udang afkir guna mendorong semut untuk bersarang sebelum atau pada awal fase pertumbuhan tanaman. Upaya konservasi lainnya dapat dilakukan dengan menyisakan sebagian area pertanaman yang ditumbuhi gulma atau tanaman berbunga guna menyediakan sumber makanan tambahan bagi predator dan parasitoid, seperti nektar dan polen, yang berperan penting dalam mempertahankan populasi musuh alami di lahan pertanian.

2. Introduksi atau Inokulasi

Introduksi, yang juga dikenal sebagai pengendalian hayati klasik, merupakan teknik pemasukan, pelepasan, dan evaluasi musuh alami di suatu wilayah yang sebelumnya tidak memiliki populasi spesies tersebut (van Lenteren *et al.*, 2018). Umumnya, introduksi

dilakukan dengan memindahkan musuh alami dari habitat asalnya ke daerah baru yang mengalami gangguan akibat serangan hama, dengan harapan musuh alami tersebut dapat beradaptasi dan berkembang biak secara alami. Salah satu contoh keberhasilan introduksi di Indonesia adalah pelepasan tabuhan parasitoid *Diadegma semiclausum* untuk mengendalikan populasi ulat kubis (*Plutella xylostella*) di lahan pertanian sayuran di Jawa Barat. Pelepasan parasitoid ini terbukti mampu menekan populasi hama secara signifikan tanpa perlu penggunaan pestisida dalam jumlah besar dan memberikan dampak positif bagi lingkungan.

3. Augmentasi atau Inundasi

Augmentasi merupakan strategi peningkatan populasi musuh alami melalui pembiakan massal dan pelepasan individu dalam jumlah besar untuk menekan populasi hama dalam jangka waktu tertentu. Pendekatan ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan musuh alami yang berasal dari wilayah setempat maupun dengan mendatangkan dari luar daerah. Di Indonesia, salah satu contoh penerapan augmentasi adalah penggunaan parasitoid telur *Trichogramma sp.* dalam program pengendalian hama di berbagai perkebunan tebu. Sejak tahun 1972, pelepasan massal *Trichogramma* di pabrik-pabrik gula telah terbukti efektif dalam mengendalikan serangan hama tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Harahap, 2015).

12.4.2 Kedudukan Pengendalian Hayati dalam Pengelolaan Hama

Pengendalian hayati dapat diterapkan sebagai strategi utama maupun sebagai bagian dari sistem pengelolaan hama terpadu. Pendekatan ini mempertimbangkan keseimbangan ekologis dan dampak jangka panjang dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia.

12.4.2.1 Pengendalian Hayati yang Mandiri

Di beberapa kondisi, pengendalian hayati dapat berdiri sendiri sebagai metode utama dalam pengelolaan hama, terutama jika musuh alami yang digunakan memiliki efektivitas tinggi dalam menekan populasi hama hingga di bawah ambang batas ekonomi. Misalnya, penggunaan predator spesifik atau parasitoid yang mampu beradaptasi dengan baik di lingkungan target dapat menghasilkan pengendalian hama yang berkelanjutan tanpa perlu intervensi tambahan.

12.4.2.2 Pengendalian Hayati sebagai Komponen Pengelolaan Hama

Dalam praktik pertanian modern, pengendalian hayati sering dikombinasikan dengan strategi lain dalam sistem Pengelolaan Hama Terpadu (PHT). Integrasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengendalian, mengurangi risiko resistensi hama, serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Kogan, 1998). Penggunaan musuh alami dalam sistem PHT dapat dikombinasikan dengan rotasi tanaman, penerapan varietas tahan, atau pengelolaan agroekosistem

yang mendukung keanekaragaman hayati guna menciptakan keseimbangan ekologi yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T., Irawan, P. E., Wiridannisaa, N., & Prihatin, P. (2024). The important role of ants in protecting soybeans (*Glycine max*): A case study in Maros district, South Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 32, 468–474.
- Abdullah, T., Pata'dungan, A., Aminah, S. N., Prihatin, P., Wiridannisaa, N. and Gassa, A. (2023). Preference of ant (*Solenopsis* sp.; Hymenoptera: Formicidae) for salted fish and dried shrimps based artificial foods. *International Journal of Agriculture and Biology*, 30, 209–214.
- Bale, J., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 761–776.
- Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S. S. & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(7), 423–431. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.02.006>.
- DeBach, P. (1964). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eilenberg, J., Hajek, A. & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control', *BioControl*, 46, 387–400. <https://doi.org/10.1023/A:1014193329979>.

- Gurr, G. M., Wratten, S. D., Landis, D. A. & You, M. (2017). Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62, 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>.
- Harahap, I. S. (2015). *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Hidayat, S. H., dkk. (2015) *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243–270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>.
- Mangoendihardjo, S. & Mahrub, E. (1983). *Diktat Pengendalian Hayati*. Yogyakarta: Jurusan Ilmu Hama dan Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.
- Muliani, Y. & Srimurni, R. R. (2022). *Parasitoid dan Predator Pengendali Serangga Hama*. Sukabumi: CV Jejak, anggota IKAPI.
- Shah, P. A. & Pell, J.K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents', *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(5-6), 413–423. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1240-8>.
- van Lenteren, J. C. et al. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39–59.

BAB 13

TEKNIK PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN

Oleh Niken Nur Kasim

13.1 Pendahuluan

Hama dan penyakit tanaman merupakan salah satu ancaman serius dalam sistem pertanian yang dapat menurunkan hasil produksi dan kualitas tanaman. Investasi hama dan penyakit dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan jika tidak ditangani dengan baik, sehingga upaya pengendalian yang efektif sangat diperlukan guna menjaga keseimbangan ekosistem, meningkatkan hasil panen, serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Berbagai upaya dan teknik pengendalian telah dikembangkan dalam bidang pertanian, diantaranya dengan pendekatan teknik/metode kultur teknis, fisik, mekanik, biologi, dan kimia serta didukung oleh sistem peraturan karantina. Pendekatan pengendalian hama dan penyakit terpadu menjadi salah satu solusi yang memungkinkan untuk diterapkan dalam sistem pertanian saat ini, sebagai upaya meningkatkan produksi yang optimal dan ramah lingkungan.

Bab ini akan membahas mengenai teknik pengendalian secara sistematis mulai dari definisi, metode, implementasi dilapangan dan kelebihan dan kelemahan dari beberapa teknik pengendalian kultur teknis, mekanik dan fisik, biologi/hayati, kimia (pestisida) serta melalui pendekatan peraturan karantina, khususnya di Indonesia. Teknik pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan dengan berbagai metode yang saling melengkapi, sehingga dalam implementasinya dalam bentuk pengendalian terpadu. Dalam implementasinya, satu metode pengendalian saja sering kali tidak cukup efektif dan dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti resistensi hama serta dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan pengendalian hama penyakit terpadu (PHPT) menjadi suatu keharusan dalam sistem pertanian saat ini. PHPT mengombinasikan beberapa metode pengendalian secara terpadu dengan menekankan pada aspek ekologi dan keberlanjutan. Pendekatan ini bertujuan untuk menekan populasi hama dan penyakit tanaman, berada di bawah ambang ekonomi (AE) tanpa merusak keseimbangan ekosistem secara keseluruhan. Dengan menerapkan PHPT, petani dapat memperoleh hasil panen yang optimal sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan untuk jangka panjang.

Pengendalian hama dan penyakit tanaman merupakan aspek penting dalam sistem pertanian yang memerlukan pendekatan strategis dan berkelanjutan. Berbagai teknik pengendalian, mulai dari kultur teknis, fisik, mekanik, biologi, hingga kimia, harus diterapkan secara bijaksana untuk mencapai efektivitas yang maksimal tanpa merusak keseimbangan ekosistem. Melalui pendekatan

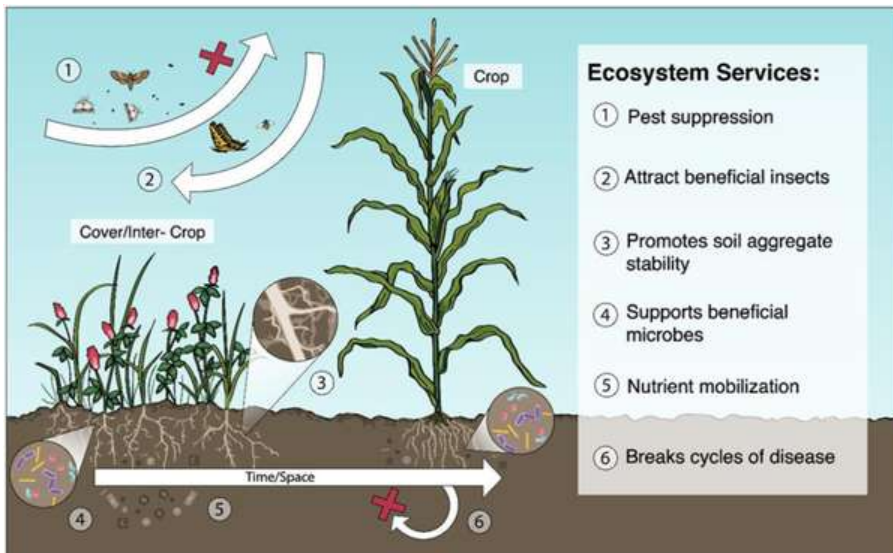
terpadu, petani dapat mengoptimalkan hasil pertanian dengan tetap menjaga kesehatan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam. Buku ini akan mengupas lebih dalam setiap metode pengendalian beserta aplikasi praktisnya dalam pertanian modern guna mendukung pertumbuhan sektor pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

13.2 Teknik Pengendalian

13.2.1 Kultur Teknis

Kultur Teknis merupakan salah satu teknik pengendalian hama dan penyakit yang menitikberatkan pada modifikasi lingkungan. Prinsip utama dalam pengendalian ini didasari pada pengetahuan mengenai perilaku hama (binatang maupun serangga), habitatnya dan tanaman inang yang disenangi oleh hama dan penyakit. Tujuan utama dari teknik pengendalian ini menitikberatkan pada memanipulasi lingkungan sehingga terdapat ketidakcocokan hama/penyakit pada suatu lingkungan dengan cara mengganggu siklus reproduktif, mengeliminasi makanan, dan membuat lingkungan lebih cocok untuk perkembangan musuh alami atau agen hayati. Strategi utama dalam teknik pengendalian ini diantaranya Pengaturan pola dan waktu tanam tanam, pengolahan tanah, pemilihan varietas, pergiliran tanaman, tumpangsari, penggunaan tanaman penghalang (barrier), serta penggunaan tanaman perangkap (Hatt & Döring, 2023; Niwas R., *et al.*, 2021; Barzman, *et.al.* 2015).

Pengaturan pola dan waktu tanam merupakan strategi pengendalian hama dan penyakit sebagai upaya untuk memutus siklus hidup opt pada suatu wilayah ataupun lahan tertentu. Pengaturan pola tanam dapat dilakukan dengan penanam secara tumpangsari, *intercropping*, pergiliran tanaman dengan tanaman yang tidak berasal dari satu *family*.



Gambar 13. 1. Ilustrasi manfaat pengaturan pola dan waktu tanam sebagai salah satu strategi pengendalian secara kultur teknis (Marques, E., et.al., 2020)

Pengendalian kultur teknis dengan tumpangsari, intercropping dan rotasi tanaman dapat memberikan manfaat secara langsung, diantaranya mampu menekan populasi hama, meningkatkan populasi serangga bermanfaat (predator dan parasitoid), meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan aktivitas mikroba

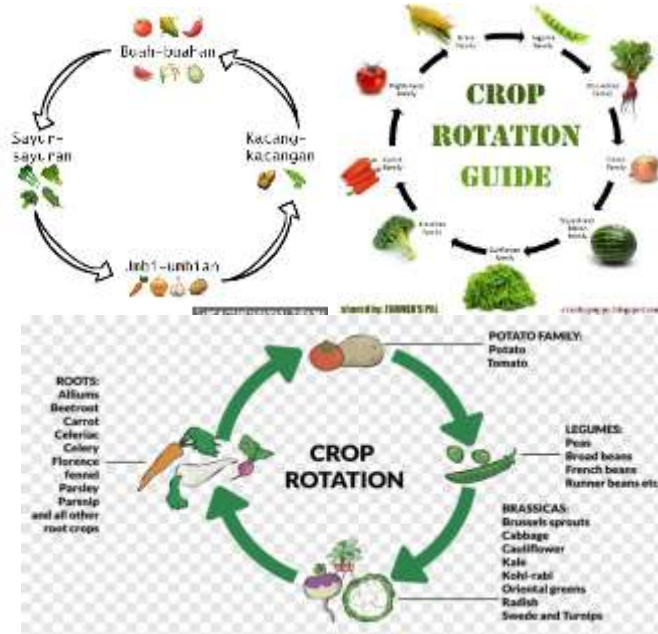
tanah, terbaharui unsur hara dan dapat memutus siklus patogen (Gambar 13.1).

Penanaman campuran (tumpangsari) efektif dalam mengurangi serangan hama dan penyakit. Tanaman yang ditanam secara campuran cenderung lebih tahan terhadap serangan karena gangguan ekologi yang ditimbulkan pada hama dan penyakit tanaman. Tumpangsari kacang tanah dan tanaman jagung yang dikombinasikan dengan ekstrak tanaman dan mulsa plastik dapat menekan populasi kutu daun, insidensi dan keparahan penyakit akibat infeksi virus pada tanaman kacang tanah (Kasim et.al., 2024)

Penggunaan tanaman perangkap dan tanaman Penghalang (*barrier*) juga menjadi bagian dari metode pengendalian ini. Tanaman perangkap digunakan untuk menarik hama dari tanaman utama sehingga populasi hama dapat dikendalikan dengan lebih mudah. Penggunaan tanaman penghalang juga berperan dalam penundaan proses inkubasi virus pada tanaman utama. Beberapa tanaman yang berfungsi sebagai tanaman penghalang dari infeksi virus non-persisten antara lain adalah gandum, sorgum, bunga matahari, jagung oat, dan okra (Hussein dan Samad 1993; Dhanju *et al.* 1995; Difonso *et al.* 1996; Avilla *et al.* 1996; Hooks *et al.* 1998; Fereres 2000; Anandam dan Doraiswamy 2002). Suryadi *et al.* (2008) melaporkan penggunaan tanaman jagung satu lapis maupun dua lapis secara tunggal sebagai tanaman penghalang dibandingkan sorgum dan mampu menurunkan insidensi penyakit mosaik oleh BCMV pada kacang panjang di rumah kaca, sedangkan pada penelitian ini Kasim, et.al (2024) menunjukkan penggunaan tanaman penghalang jagung dua lapis yang dikombinasikan dengan

mulsa plastik pada tanaman kacang tanah dapat menurunkan populasi kutudaun dan intensitas penyakit virus di lapangan. Tanaman penghalang juga dapat bekerja sebagai “virus sink” dengan cara “mensterilisasi” kutudaun dari virus. Kutudaun yang hinggap pada tanaman penghalang akan berusaha mengkonfirmasi apakah tanaman yang dihindangi adalah tanaman inang yang cocok. Selama masa orientasi kutu akan melakukan *probing* dan menghisap cairan sel pada tanaman penghalang. Selama *probing*, kutudaun akan kehilangan virulensinya dan menjadi non-infektif. Dengan demikian, kutudaun yang hinggap pada tanaman utama bebas dari virus (Fereres 2000).

Pergiliran tanaman (Rotasi Tanaman) menjadi strategi penting dalam mengurangi populasi hama dan penyakit dengan melakukan pergantian spesies tanaman dari suatu wilayah pada pergantian musim tanam pada setiap tahunnya. Strategi ini merupakan salah satu metode yang efektif dalam menekan dan mengendalikan serangan hama dan penyakit tanaman serta gulm dan dapat menjaga struktur dan kesuburan tanah (Chen *et al.* 2012; Christensen *et al.* 2012). Skema rotasi tanaman pada umumnya dengan pola rotasi tiga tahun dimulai dengan tanaman biji – bijian, dilanjutkan dengan tanaman kacang – kacangan dan tanaman umbi- umbian, sementara rotasi empat tahun dimulai dengan tanaman biji – bijian, kacang - kacangan, dilanjutkan tanaman sayuran pada tahun ketiga dan pada tahun keempat dengan tanaman umbi – umbian. Tujuan rotasi tanaman ini untuk memutus siklus hidup hama dan penyakit tanaman (Ellfianis, R., 2023)



Gambar 13. 2. Ilustrasi skema rotasi tanaman

(<https://www.perumperindo.co.id/rotasi-tanaman/>)

Pengolahan tanah merupakan langkah awal dalam persiapan lahan yang berperan penting terhadap kesehatan tanaman dan tingkat ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), walaupun dalam salah satu kasus mencatat bahwa teknik pengolahan tanah yang tidak sesuai seperti pembajakan tanah dapat berpotensi sebagai salah satu penyebaran patogen seperti *Heterobasidion annosum* dan *Armillaria ostoyae* pada tanaman kehutanan (Morris et al., 2010; Jactel et al., 2009). Walaupun demikian, pengolahan tanah banyak memberikan dampak positif dalam pengendalian hama dan penyakit dengan cara menghambat pertumbuhan populasi hama, membunuh langsung hama yang hidup

dalam tanah, serta mengurangi sisa tanaman yang berpotensi menjadi sumber gangguan (Mile, 2007; Hobbs et al., 2008; Untung, 2013; Prasetyo et al., 2014). Pada tanaman kehutanan, tanaman tegakan pada merupakan salah satu contoh pengolahan/persiapan lahan bertujuan untuk meningkatkan daya hidup tanaman dan mendukung pertumbuhan awal tanaman yang optimal, yang dapat dilakukan melalui teknik tanpa olah tanah, olah tanah maksimum, atau olah tanah minimum (Wahyuningtyas, 2010). Teknik olah tanah minimum sendiri merupakan metode konservasi yang membatasi gangguan mekanis terhadap tanah seminimal mungkin, dilakukan dengan cara pengolahan terbatas sejajar kontur, seperti membuat lubang tanam dan hanya mengolah tanah pada area yang diperlukan (Wahyuningtyas, 2010; Jayasumarta, 2012).

Pemupukan yang sesuai berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Tanaman yang mendapatkan nutrisi seimbang cenderung lebih tahan terhadap serangan hama dan patogen.

Secara keseluruhan, pengendalian hama dan penyakit dengan metode kultur teknis merupakan pendekatan yang ramah lingkungan dan efektif dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Metode ini tidak hanya membantu dalam pengelolaan populasi hama dan penyakit tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan sistem pertanian jangka panjang. Walaupun demikian, pengendalian hama dan penyakit secara kultur teknis memiliki kelebihan, diantaranya, dapat meningkat produktivitas hasil pertanian, tidak memerlukan pengeluaran biaya tambahan, tidak memberikan efek samping pada lingkungan serta mudah diterapkan oleh

petani, sementara kekurangan dari teknik pengendalian kultur teknis adalah tingkat keberhasilan dalam menekan perkembangan opt tidak dapat diprediksikan secara pasti dan penerapan kultur teknis lebih efektif dengan dengan kombinasi teknik pengendalian lainnya.

13.2.2 Pengendalian Mekanik

Teknik pengendalian mekanik merupakan salah satu teknik pengendalian OPT, dengan memfokuskan pada mematikan OPT secara langsung, dalam hal ini serangga hama, gulma dan sumber inokulum penyakit, sehingga dapat menurunkan populasi opt secara langsung. Teknik pengendalian mekanik merupakan salah satu strategi pengendalian yang relatif diadaptasi dalam sistem pertanian terpadu dan berkelanjutan, yang menerapkan konsep ramah lingkungan (Sudarmo dan Sri, 2014)

Strategi pengendalian mekanik (tindakan fisik), diantaranya pemangkasan tanaman, pemusnahan hama secara manual, penggunaan alat pelindung, dan pemasangan perangkap. Adapun beberapa contoh pengaplikasian dari strategi ini, yaitu penggunaan jaring atau pelindung tanaman seperti jaring anti serangga sangat bermanfaat untuk mencegah serangga hama, seperti ulat dan lalat buah, serta mengurangi transmisi penyakit yang dibawa oleh vektor serangga (Solis, S. *et al.*, 1997) ; penggunaan perangkap lengket berwarna cerah, seperti perangkap kuning (*yellow trap*), terbukti efektif dalam menarik dan menjerat berbagai jenis serangga menunjukkan bahwa perangkap lengket warna kuning dapat menurunkan populasi kutu daun dan mengurangi kerusakan pada tanaman cabai, dengan efisiensi yang

cukup tinggi (Supriyadi, *et al.*, 2002). Hartanto (2008) menuliskan bahwa pemasangan perangkap kuning (*yellow trap*) pada ketinggian tertentu memberikan pengaruh nyata terhadap efisiensi penangkapan serangga hama.

Pemangkasan merupakan metode pengendalian mekanik yang bertujuan untuk menghentikan siklus hidup penyakit atau menghentikan sumber inokulum penyakit agar tidak menyebar pada bagian tanaman lainnya. Metode lain dari pengendalian mekanik adalah pengendalian dengan memanfaatkan perangkap fisik atau alat khusus. Misalnya, perangkap feromon atau perangkap berbasis cahaya digunakan untuk menarik dan mengumpulkan serangga hama. Pada tanaman padi, penggunaan perangkap feromon untuk mengendalikan wereng coklat telah terbukti efektif. Selain perangkap, alat pemusnah hama, seperti pemetik serangga manual pada tanaman sayuran, juga dapat membantu mengurangi populasi hama.

Implementasi Pengendalian mekanik dapat digunakan secara terpisah atau digabungkan dengan metode lain seperti pengendalian hayati dan kimia untuk menciptakan pendekatan yang lebih holistik. Dalam hal ini, metode pengendalian mekanik berfungsi sebagai penguat atau mendukung implementasi dari strategi pengendalian lainnya, yang bertujuan mengurangi penggunaan bahan kimia dan meningkatkan keberlanjutan pertanian. Kelemahan dari Pengendalian secara mekanik adalah membutuhkan banyak tenaga kerja dan sulit diterapkan di lahan luas secara berkelanjutan (Wigenasantana, 2001).



Gambar 13. 3. Penggunaan Perangkap Kuning dan Perangkap Cahaya sebagai salah satu metode pengendalian mekanik.

(Sumber : <https://hijau.or.id/penggunaan-lampu-perangkap-untuk-pengendalian-serangga-hama/>)

13.2.3 Pengendalian Fisik

Pengendalian hama dan penyakit tanaman secara fisik adalah salah satu pendekatan dalam Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang memanfaatkan elemen fisik seperti panas, cahaya, suara, dan modifikasi lingkungan untuk menekan atau menghilangkan populasi hama dan patogen. Metode ini dianggap ramah lingkungan karena tidak melibatkan bahan kimia berbahaya, sehingga tidak mencemari lingkungan dan dapat digabungkan dengan teknik pengendalian lain (Anonimous, 2001; Wigenasantana, 2001).

Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dengan faktor fisik telah lama digunakan dalam pertanian. Faktor fisik yang paling umum adalah energi panas, baik dalam bentuk panas kering, panas basah, uap panas, atau radiasi matahari. Panas dapat digunakan untuk menghilangkan patogen dari benih, tanah, atau material tanaman. Misalnya, perlakuan air panas efektif untuk mengendalikan nematoda dan patogen yang menular

melalui benih pada tanaman florikultura (Agrios, 2005 dalam Suganda, 2020).

1. Penggunaan Air Panas

Air panas digunakan untuk menghilangkan patogen pada benih, terutama bakteri dan virus. Perlakuan ini juga efektif untuk mengendalikan nematoda pada bibit atau material vegetatif tanaman. Contohnya, perendaman air panas telah menjadi standar perlakuan untuk menghilangkan fitoplasma pada bibit anggur di Eropa (OEPP/EPPO, 2012 dalam Suganda, 2020).

2. Penggunaan Udara Panas

Udara panas digunakan untuk mengeringkan permukaan produk pertanian, sehingga mencegah infeksi patogen. Metode ini efektif untuk mengendalikan OPT di ruangan tertutup dengan mengatur suhu dan kelembaban (Muzayyanah Rahmiah dkk, 2021).

3. Penggunaan Uap Panas

Uap panas digunakan untuk menghilangkan patogen yang menular melalui tanah, seperti nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp), jamur *Fusarium*, dan *Verticillium*. Tanah yang akan diberi perlakuan harus digemburkan dan dalam kondisi lembab sebelum dialiri uap panas. Tanah kemudian ditutup dengan plastik untuk mempertahankan energi panas (Maloy, 1993 dalam Suganda, 2020).

4. Penggunaan Radiasi Matahari

Penjemuran produk pertanian di bawah sinar matahari tidak hanya mengurangi kadar air tetapi juga membunuh patogen yang menempel pada produk.

Metode ini telah lama digunakan oleh petani Indonesia dan efektif untuk mencegah pertumbuhan patogen (Agrios, 2005 dalam Suganda, 2020).

5. Penggunaan Api

Pembakaran telah digunakan sejak zaman Romawi untuk mensterilkan tanah dari patogen. Meskipun awalnya lebih bersifat ritual, metode ini efektif untuk menghilangkan patogen dari tanah (Maloy, 1993 dalam Suganda, 2020).

Selain panas, sinar juga dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Sinar X, sinar Gamma, dan sinar ultraviolet (UV) sering digunakan di rumah kaca atau laboratorium. Sinar UV-B, misalnya, efektif mengendalikan penyakit embun tepung (*powdery mildew*) pada tanaman mentimun dengan cara merusak patogen secara langsung (Suthaparan et al., 2014 dalam Suganda, 2020). Selain itu, penggunaan cahaya hijau dan merah dapat meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap bakteri *Pseudomonas cichorii* dengan mengaktifkan gen-gen pertahanan (Nagendran & Lee, 2015 dalam Suganda, 2020).

Keuntungan utama dari pengendalian fisik adalah ramah lingkungan, tidak meninggalkan residu kimia, dan dapat dikombinasikan dengan metode pengendalian lainnya. Namun, metode ini memerlukan banyak tenaga kerja dan sulit diterapkan di lahan yang luas secara berkelanjutan. Selain itu, efektivitasnya sangat bergantung pada pemahaman terhadap perilaku dan ekologi hama (Anonymous, 2001; Wigenasantana, 2001).

Pengendalian fisik metode yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Dengan memanfaatkan faktor-faktor fisik seperti panas, cahaya, dan suara, metode ini dapat menciptakan kondisi yang tidak mendukung kehidupan hama dan patogen. Meskipun memiliki beberapa keterbatasan, pengendalian fisik dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan menjaga keseimbangan ekosistem (Suganda, 2020; Muzayyanah Rahmiyah dkk, 2021).

13.2.4 Pengendalian Biologi/hayati

Pengendalian hama dan penyakit tanaman secara biologis atau hayati adalah metode ramah lingkungan yang memanfaatkan musuh alami dan agens hayati untuk mengontrol populasi hama. Metode ini melibatkan perlindungan, peningkatan, dan introduksi musuh alami seperti predator, parasitoid, serta patogen seperti bakteri, virus, dan jamur (Van Lenteren, 2018).

Musuh alami hama terdiri dari predator dan parasitoid. Predator adalah organisme yang membunuh dan memakan banyak hama selama hidupnya. Mereka umumnya berukuran lebih besar daripada mangsanya dan memiliki kemampuan untuk memburu serta mengonsumsi mangsanya dengan cepat. Predator, seperti kumbang pemangsa (*Coccinellidae*) dan capung (*Odonata*), membunuh dan memakan hama secara langsung (Nentwig, 2020).

Parasitoid adalah serangga yang pada fase larvanya hidup sebagai parasit pada inangnya, sedangkan fase dewasanya hidup bebas. Parasitoid biasanya berukuran

lebih kecil daripada inangnya dan hanya memerlukan satu inang untuk berkembang biak. Mereka sering kali sangat spesifik terhadap jenis inang tertentu. Parasitoid, seperti *Trichogramma* spp., menyerang telur atau larva hama, menghambat perkembangannya (Fiedler, 2017).

Selain predator dan parasitoid, entomopatogen juga memainkan peran penting dalam pengendalian hayati. Entomopatogen adalah patogen yang menginfeksi serangga, seperti bakteri, jamur, virus, dan nematoda. Entomopatogen seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* dan jamur *Beauveria bassiana* menginfeksi dan membunuh serangga hama tanpa membahayakan lingkungan (Hunter et al., 2020).

Pengendalian hayati terhadap penyakit tanaman bertujuan untuk mengurangi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen dengan memanfaatkan organisme antagonis. Pendekatan ini dapat dilakukan secara alami atau melalui manipulasi lingkungan, inang, dan introduksi massal agens hayati (Pal & McSpadden Gardener, 2020). Pengendalian hayati penyakit tanaman menggunakan agens hayati yang bekerja melalui empat mekanisme utama:

1. Persaingan/Kompetisi: Agens hayati bersaing dengan patogen untuk mendapatkan nutrisi dan ruang hidup, menghambat pertumbuhannya. Contohnya, bakteri rizosfer menekan *Pythium ultimum* dengan mengonsumsi sumber karbon (Mendes et al., 2018).
2. Antibiosis: Mikroorganisme menghasilkan senyawa antimikroba yang menghambat atau membunuh patogen. Misalnya, *Trichoderma viride* menghasilkan enzim yang melawan jamur penyebab busuk akar (Mastouri et al., 2020).

3. Parasitisme: Agens hayati memarasit patogen, mengambil nutrisi dari inangnya. Contohnya, *Trichoderma* spp. memarasit hifa *Rhizoctonia solani* (Hermosa et al., 2020).
4. Resistensi Terinduksi: Mikroorganisme seperti bakteri PGPR meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit melalui mekanisme ISR (Induced Systemic Resistance) atau SAR (Systemic Acquired Resistance) (Pieterse et al., 2020).

Pengendalian hayati adalah solusi efektif dan berkelanjutan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Dengan memanfaatkan musuh alami dan agens hayati, metode ini mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan mendukung keseimbangan ekosistem (Van Lenteren, 2018; Gurr & You, 2018).

13.2.5 Pengendalian Kimia

Pengendalian secara kimia atau menggunakan pestisida sintetik merupakan teknik pengendalian yang paling umum digunakan oleh petani, hal ini dikarenakan pestisida sintetik memiliki efektifitas dan efisiensi yang cukup tinggi dalam mengatasi permasalahan OPT di lapangan, mudah digunakan dan menguntungkan secara ekonomi. Namun, pengendalian menggunakan pestisida sintetik memiliki dampak negatif yang cukup besar terhadap lingkungan, diantaranya penggunaan sarana input produksi terhadap hasil pertanian dan lingkungan yang cukup besar, memberikan efek emisi gas rumah kaca, dan memberikan dampak pada kegiatan industri dan perluasan perkotaan di lahan pertanian (Las et al., 2006), selain itu penggunaan pestisida sintetik secara berkesinambungan

dapat memberikan efek langsung terhadap berkurangnya keanekaragaman hayati, menurunnya populasi organisme berguna, diantaranya predator, parasitoid, entomopatogen dan juga agens hayati (Isenring, 2010) serta dapat menimbulkan resistensi terhadap OPT (Ballinger, 1996). Salah satu contoh implementasi pestisida sintetis yang menimbulkan resistensi hama *Nilaparvata lugens* terhadap insektisida imidakloprid dan tiametokson di Asia Timur dan negara indochina, serta resisten terhadap kandungan insektisida berupa fipronil di Asia dan Asia Tenggara (Matsumura et al., 2009). Sebagai upaya meminimalkan penggunaan pestisida sintetis, pemerintah Indonesia, melalui Pemerintah melarang penggunaan 42 jenis bahan aktif pestisida sintetis, termasuk dieldrin, endosulfan, dan klordan yang diatur dalam Peraturan Menteri Pertanian No. 24/Permentan/SR.140/4/2011 tanggal 8 April 2011 (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian 2012).

13.2.6 Pengendalian Karantina Tanaman

Pengendalian hama dan penyakit tanaman merupakan aspek penting dalam praktik pertanian yang bertujuan untuk menjaga produktivitas dan kualitas hasil panen. Salah satu metode yang umum digunakan adalah pengendalian secara kimia, yang melibatkan penggunaan pestisida seperti insektisida, fungisida, herbisida, dan nematisida. Namun, untuk memaksimalkan efektivitas pengendalian ini, teknik karantina juga sangat penting. Karantina berperan penting dalam mencegah masuknya hama dan penyakit baru ke dalam area pertanian dari luar wilayah.

Analisis Risiko Organisme Pengganggu Tanaman (AROPT) merupakan salah satu metode yang digunakan oleh karantina sebagai upaya mencegah masuknya OPT dari negara ataupun wilayah di luar Indonesia. AROPT mencakup beberapa poin penting yang harus diperhatikan dalam pengelolaan risiko hama dan penyakit tanaman, yaitu :

1. Eksklusi (*Pathogen Exclusion*): Mencegah masuknya patogen ke suatu wilayah atau pertanaman.
2. Eradikasi (*Pathogen Eradication*): Mengeliminasi patogen yang sudah masuk sebelum menyebabkan penyakit atau menyebar lebih luas.
3. Proteksi (*Plant Protection*): Melindungi tanaman inang atau bagian tanaman inang yang rentan dari serangan patogen.
4. Resistensi (*Resistant Varieties*): Penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap penyakit.

Dalam konteks regulasi, berbagai peraturan telah ditetapkan oleh pemerintah Indonesia untuk mendukung pelaksanaan karantina tumbuhan. Misalnya, Peraturan Menteri Pertanian Nomor 25 Tahun 2020 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina mengatur tentang spesifikasi OPT yang harus diawasi dalam proses impor (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2020).

Sertifikasi benih menjadi syarat penting dalam perdagangan benih agar terhindar dari penyebaran penyakit. Dengan demikian, kombinasi antara pengendalian kimiawi dan teknik karantina dapat menciptakan sistem pertanian yang lebih aman dan

berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, petani tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas tetapi juga menjaga kesehatan lingkungan serta keberlanjutan ekosistem pertanian. Melalui pemahaman mendalam tentang cara kerja pestisida serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan hama dan penyakit tanaman mereka. Dengan demikian, keberlanjutan pertanian dapat terwujud tanpa mengorbankan ekosistem alam maupun kesehatan masyarakat. AROPT mencakup beberapa poin penting yang harus diperhatikan dalam pengelolaan risiko hama dan penyakit tanaman. Poin-poin tersebut termasuk eksklusi patogen, eradikasi patogen, proteksi tanaman, dan penggunaan varietas tahan penyakit (Abdjad Asih Nawangsih, 2020).

Proses AROPT di Indonesia melibatkan beberapa tahap penting:

1. Inisiasi: Identifikasi OPT dari negara asal yang berpotensi sebagai OPTK.
2. Penilaian Risiko: Penggolongan OPT berdasarkan potensi masuk, menetap, menyebar, serta potensi kerugian ekonomi.
3. Pengelolaan Risiko: Identifikasi ketentuan phytosanitary bagi pemasukan media pembawa serta opsi-opsi untuk mengurangi risiko (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdjad Asih Nawangsih (2020). *Materi Webinar: Prinsip Pengendalian Penyakit Tanaman*. Departemen Proteksi Tanaman IPB University.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*.
- Anonimous. (2001). *Pengendalian Hama Secara Fisik dan Mekanis*.
- Barzman, Marco and Bärberi, Paolo B.A. and Boonekamp, Piet and DS, Silke and G. Benno and Hommel, Bernd & Jensen, Jens E. and Kiss, Jozsef and Kudsk, Per and Lamichhane, Jay R. and Messean, Antoine and Moonen, A.C. and Ratnadass, Alain and Ricci, Pierre and Sarah, Jean-Louis and Sattin, Maurizio. 2015. *Eight principles of integrated pest management*. Agronomy for Sustainable Development. 35. Doi : 0.1007/s13593-015-0327-9.
- Chen S, Zheng X, Wang D, Chen L, Xu C, Zhang X., 2012. *Effect of long-term paddy-upland yearly rotations on 2012* : 1 – 11, doi: 10.1100/2012/279641
- Christensen H, Becheva S, Meredith S, Ulmer K. 2012. *Crop Rotation: Benefiting Farmers, The Environment and The Economy*. aprodev.eu/files/Trade/croprotation_briefing_pan_ifoam_aprodev_foee_fina.pdf diunduh tanggal 3 Februari 2024
- Fiedler, L. A. 2017. *Biological control of insect pests: A review of parasitoid-based methods*. Journal of Pest Management Science, 73(9), 2237-2245.

- Gurr, G. M., & You, M. S. 2018. *Biological control of insect pests: Applications and challenges*. Cambridge University Press.
- Hatt, S.; Döring, T. F. 2023. *Designing pest suppressive agroecosystems: principles for an integrative diversification science*. Journal of Cleaner Production, 432, 139701 DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.139701
- Hunter, M. S., et al. 2020. *The role of entomopathogens in biological pest control*. Biological Control, 148, 104322.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia . 2020. *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 25 Tahun 2020 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina*. Tersedia : <https://www.kementan.go.id/> (Diakses: 2 Februari 2025).
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2021). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 13 Tahun 2021 tentang Kelompok Substansi dan Subkelompok Substansi pada Kelompok Jabatan Fungsional Unit Pelaksana Teknis Lingkup Badan Karantina Pertanian*. Tersedia: <https://www.kementan.go.id/> (Di akses: 2 Februari 2025).
- Las, I., Subagyo, K., Setiyanto, A. P., Besar, B., Dan, P., Sumberdaya, P., & Pertanian, L. (2006). Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi pertanian. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 25(3), 173–193.

- Maloy, O. C. (1993). Penggunaan Uap Panas untuk Pengendalian Patogen Tanah.
- Marques, Edward & Kur, Andi & Bueno, Erika & Wettberg, Eric. (2020). Defining and improving the rotational and intercropping value of a crop using a plant–soil feedbacks approach. *Crop Science*. 60. 10.1002/csc2.20200.
- Muzayyanah Rahmiah dkk. (2021). Modifikasi Lingkungan untuk Pengendalian OPT.
- Nagendran & Lee. (2015). Pengaruh Cahaya Hijau dan Merah pada Ketahanan Tanaman Tomat.
- Nentwig, W. (2020). Predators and their role in integrated pest management. Springer.
- Niwas, Ram & Chand, Gireesh & Vishwakarma, Ramanuj & Maurya,. (2021). Cultural Practices in Sustainable Plant Disease Management: The Innovative Approaches.
- OEPP/EPPO. (2012). Standar Perlakuan Air Panas untuk Bibit Anggur.
- Sudarmo, Subiyakto dan Sri Mulyaningsih. 2014. Mudah Membuat Pestisida Ampuh. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Suganda, T. (2020). Pengendalian OPT dengan Faktor Fisik.
- Supriyadi, Hikmawati M.K., Agustina. 2019. *Efisiensi Penangkapan ‘Stcky Trap’ kuning pada lalat Penggorok Daun Liriomyza sp. Di Pertanaman Bawang Putih.*

- Suthaparan et al. (2014). Penggunaan Sinar UV-B untuk Pengendalian Embun Tepung.
- Van Lenteren, J. C. (2018). Biological control and integrated pest management: Opportunities and challenges. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(5), 401-411.
- Wigenasantana. (2001). Pengendalian Hama Secara Mekanis.

BIODATA PENULIS



Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP.

Dosen Program Studi Agroteknologi, Departemen
Agronomi
Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP. lahir di Kota Padang, Sumatera Barat pada tanggal 21 Mei 1986 sebagai anak pertama dari 5 bersaudara dari Bapak Syofyan Tanjung dan Ibu Kasmawati, S.Pd. Penulis lulus pendidikan SD Negeri 30 Cengkeh tahun 1998, SLTP Negeri 11 Padang tahun 2001, dan SMA Negeri 4 Padang tahun 2004. Pendidikan Sarjana (S1) ditempuh di Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 2004 dan lulus tahun 2008 dengan predikat lulusan terbaik. Penulis mendapatkan beasiswa *Fast Track* Magister (S2) di Universitas Andalas tahun 2008 dan lulus dengan predikat Cumlaude (Dengan Pujian) tahun 2010. Lulus pendidikan Magister, penulis lulus PNS sebagai dosen Fakultas Pertanian, Universitas Andalas pada tahun 2010. Pada tahun 2012, penulis mewakili Indonesia dalam kegiatan pengembangan Gandum Tropis ke Slovakia, Eropa Timur. Tahun 2013-2018, penulis mendapatkan beasiswa

Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri dari Kemeristek Dikti untuk pendidikan Doktor (S3) pada Program Studi Entomologi di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan IPK 3,76. Kemudian tahun 2018, penulis kembali menempuh pendidikan Doktor pada program studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas dan lulus pada tahun 2022 dengan IPK 3,97 pada usia 36 tahun. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan, mulai dari mengajar perkuliahan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, mengikuti seminar nasional dan internasional, menulis jurnal nasional dan internasional terindeks Scopus, Chief editor di jurnal nasional, reviewer jurnal nasional dan jurnal internasional, serta menulis buku dan artikel di media massa nasional maupun internasional.

BIODATA PENULIS



Nurmujaahidin, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Penulis lahir di Sinjai tanggal 09 Maret 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian dan menjadi anggota Thematic Research Group (TRG) Agricultural Bacteriology Research Group (AgriBac) Universitas Hasanuddin. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Unhas dan melanjutkan S2 pada Jurusan Fitopatologi IPB University. Penulis memiliki minat dan keahlian dalam bidang perlindungan tanaman, khususnya dalam kajian fitopatologi, pengendalian bakteri patogen Tanaman berbasis pengendalian hayati. Selama menjalani karier akademik, penulis telah aktif dalam penelitian terkait penyakit tanaman dan strategi pengendaliannya, serta terlibat dalam berbagai proyek penelitian dan publikasi ilmiah di jurnal nasional maupun internasional. Selain mengajar dan meneliti, penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat, terutama dalam

memberikan penyuluhan kepada petani mengenai teknik pengelolaan penyakit secara ramah lingkungan. Penulis juga terlibat dalam berbagai seminar, lokakarya, dan konferensi yang berkaitan dengan ilmu pertanian dan perlindungan tanaman.

Dengan latar belakang pendidikan dan pengalaman yang dimiliki, penulis berkomitmen untuk terus berkontribusi dalam pengembangan ilmu proteksi tanaman serta peningkatan produktivitas pertanian yang berkelanjutan.

BIODATA PENULIS



Sri Sukmawati, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Sulawesi
Barat

Penulis lahir di Ujung Padang tanggal 22 Februari 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 tahun 2009 pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada tahun 2010 di Program Studi Sistem-Sistem Pertanian di Universitas Hasanuddin. Saat ini tercatat sebagai anggota pengurus Perhimpunan Hotikultura KOMDA Sulawesi Barat. Mengampu mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Pengendalian Hama dan penyakit Terpadu, Pengendalian Hayati, Budidaya Organisme Berguna, Kultur Jaringan Tanaman, Sistem Pertanian Terpadu dan Berkelanjutan, Pencemaran Lingkungan, dan Hidroponik.

BIODATA PENULIS



Mutmainnah, S.P.,M.Si.

Penulis lahir di Maros, tanggal 15 Juli 1990. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 tahun 2012 pada Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin kemudian menyelesaikan S2 tahun 2015 pada jurusan dan kampus yang sama.

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto Palopo sejak tahun 2015 sampai sekarang. Berbagai karya ilmiah telah dihasilkan oleh penulis berupa artikel maupun jurnal penelitian. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat dan mendapatkan pendanaan dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.

BIODATA PENULIS

Elsa Sulastri, S.Pd., M.Si

Dosen Program Studi Agroekoteknologi

Fakultas Pertanian dan Kehutanan

Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Soppeng tanggal 11 Maret 1996. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi FMIPA UNM dan melanjutkan S2 pada Departemen Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan atau Proteksi Tanaman dengan konsentrasi Hama (Entomologi). Penulis mulai aktif menulis tahun 2021 saat menempuh pendidikan S2. Beberapa tulisannya berupa artikel ilmiah terakreditasi internasional dan terindeks scopus. Selain artikel ilmiah penulis juga pernah menulis modul praktikum dasar-dasar perlindungan tanaman dan booklet metodologi rearing *Spodoptera frugiperda* yang telah terdaftar HKI.

BIODATA PENULIS



Asti Irawanti Azis, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Penulis lahir di Ujung Pandang yang saat ini dikenal dengan kota Makassar tanggal 28 Januari 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin (UNHAS). Tahun 2011, menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, UNHAS, dan melanjutkan pendidikan magister S2 pada Program Studi Fitopatologi di Institut Pertanian Bogor (2012-2015). Selama menempuh pendidikan magister, Penulis juga melanjutkan studi di Prancis dengan mengikuti pendidikan *Double Degree* di SupAgro Montpellier dan menyelesaikan studi di Prancis tahun 2014.

Bidang Hama dan Penyakit Tumbuhan, khususnya Penyakit Tumbuhan adalah bidang ilmu yang Penulis tekuni. Penelitian yang penulis telah dilakukan sebagian besar mengarah ke pengendalian hama dan penyakit tanaman yang ramah lingkungan dengan menerapkan alternatif pengendalian aplikasi biopestisida, baik hayati maupun nabati, serta pengelolaan lingkungan untuk mengurangi dampak buruk akibat penggunaan pestisida sintetik.

BIODATA PENULIS



Amelia Agustina Limbongan, Ph.D

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Musamus

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 21 Agustus 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Musamus. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, melanjutkan S2 pada Program Magister Ilmuj Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Hasanuddin, dan telah menyelesaikan pendidikan S3 dari School of Agriculture and Food Sustainability, University of Queensland, Australia.

BIODATA PENULIS



Nurul Wirid Annisaa, S.P., M.Si
Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian dan Kehutanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Makassar pada tanggal 17 Agustus 1994. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agroteknologi, Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Fitopatologi, Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang Virology Tumbuhan dan aktif dalam penulisan artikel ilmiah. Buku yang telah diterbitkan yaitu buku kolaborasi berjudul *Indahnya Dunia Pertanian di Dukung oleh Green Technology*. Penulis dapat dihubungi melalui email: nurulwirid@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Yuliana Susanti, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Magister Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana Universitas Lancang Kuning

Penulis lahir di Pekanbaru tanggal 27 Juli 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Magister Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Lancang Kuning. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Riau, melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Pengetahuan Kehutanan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan melanjutkan S3 pada Program Studi Fitopatologi Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang ilmu Fitopatologi dengan konsentrasi pengendalian hayati.

BIODATA PENULIS



Ir. Agnes Tutik Purwani Irianti, MP
Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi
Universitas Panca Bhakti Pontianak

Penulis lahir di Gunungkidul tanggal 30 Juli 1964. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Panca Bhakti Pontianak. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Hama Tumbuhan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Hama Tumbuhan. Penulis menekuni bidang pertanian berkelanjutan.

BIODATA PENULIS



Prihatin, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Jurusan Teknologi Produksi dan Industri
Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie

Penulis lahir pada 3 September 1993 di Mabolu, Sulawesi Tenggara, adalah seorang akademisi yang memiliki latar belakang pendidikan di bidang pertanian. Penulis menyelesaikan studi S1 pada tahun 2016 di Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan Magister dan lulus pada tahun 2019 di Program Studi Pengendalian Hama Terpadu, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Tahun 2023, penulis aktif menulis artikel ilmiah yang dipublikasikan di jurnal nasional maupun internasional dengan fokus keilmuan dalam bidang Plant Protection, Food Security, dan Integrated Pest Management. Pada Januari 2023, penulis juga menerbitkan buku kolaborasi

berjudul *Indahnya Dunia Pertanian di Dukung oleh Green Technology*. Sejak Juni 2024, penulis bertugas sebagai dosen tetap di Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie, Kota Parepare. Penulis dapat dihubungi melalui email: prihatinjournal@gmail.com

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Tamrin Abdullah, M.Si.

Dosen Program Studi Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Penulis lahir di Labuang Patu, Kabupaten Wajo pada 7 Agustus 1964. Sejak tahun 1990, telah mengabdikan diri sebagai dosen di Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Pendidikan akademik dimulai dengan meraih gelar Sarjana (S1) dalam bidang Perlindungan Tanaman dari Universitas Hasanuddin pada tahun 1989. Penulis kemudian melanjutkan studi Magister (S2) di Program Entomologi/Fitopatologi, Institut Pertanian Bogor, yang diselesaikan pada tahun 1998, dan meraih gelar Doktor (S3) dalam bidang Entomologi dari institut yang sama pada tahun 2005. Selama kariernya, penulis aktif dalam penelitian, terutama di bidang pengendalian hama berbasis ekologi dan konservasi sumber daya alam. Beberapa penelitian yang telah dilakukan antara lain: Peningkatan

Produksi dan Kualitas Padi dengan Pengendalian Hama Berbasis Konservasi Sumber Daya Alam (MP3EI DIKTI, 2013); Pengembangan Formulasi Pakan dan Sarang Buatan dalam Meningkatkan Populasi dan Agresivitas Semut Rangrang (*Oecophylla smaragdina*) untuk Mengendalikan *Conopomorpha cramerella* Snellen pada Kakao (PUPT DIKTI, 2014); Reaksi Beberapa Varietas Tanaman Cabai terhadap Lalat Buah *Bactrocera* sp. (Diptera: Tephritidae) (PPI-WCU Unhas, 2016); serta Keanekaragaman Hayati Kupu-kupu dan Tumbuhan Inangnya di Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung (BMIS LP2M Unhas, 2018). Di bidang publikasi, penulis telah menghasilkan berbagai buku, di antaranya: *Indahnya Dunia Pertanian di Dukung oleh Green Technology* (Haura Utama, Januari 2023), *Teknologi Perbanyak Kupu-kupu di Resort Pattunuang, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan* (LeutikaPrio, Agustus 2018), serta *Mengenal Musuh Alami Kupu-kupu* (LeutikaPrio, November 2018). Selain itu, penulis juga memiliki pengalaman dalam perolehan hak cipta dan paten atas inovasi di bidang perlindungan tanaman. Hak cipta yang telah diperoleh mencakup *Teknologi Perbanyak Kupu-kupu di Resort Pattunuang, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan* (Modul TTG, 2018). Sementara itu, beberapa paten yang berhasil didaftarkan antara lain: Komposisi Pakan Buatan Berbahan Baku Ikan Asin Apkiran untuk Menstimulasi Semut Predator Hama Bawang Merah (2023), Komposisi Pakan Buatan *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) Berbahan Dasar Usus Ayam Rebus untuk Meningkatkan Peranan Semut Predator dalam Mengendalikan Hama Pertanaman Padi (2021), Proses Penyelubungan Benih Padi dengan Cendawan

Entomopatogen untuk Pengendalian Hama Wereng pada Tanaman Padi (2020), Metode untuk Mengendalikan Hama Penggerek Polong Kedelai (2016), dan Komposisi Makanan Buatan untuk Perbanyak Predator *Coccinella* sp. sebagai Agens Pengendali Hayati Hama Kutu Daun (2013).

BIODATA PENULIS



Dr. Niken Nur Kasim, S.P., M.P.
Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian dan Kehutanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Kota Palopo tanggal 26 Mei 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) tahun 2010 pada Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, kemudian melanjutkan Program Magister (S2) tahun 2010 – 2012 pada Program Studi Sistem – Sistem Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, dan menyelesaikan Program Doktor (S3) tahun 2023 Pada Program Studi Fitopatologi, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Saat ini, penulis aktif sebagai anggota perhimpunan fitopatologi Indonesia. Penulis berprofesi sebagai dosen sejak tahun 2014 dan mengampu beberapa mata kuliah,

seperti: Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Pengendalian Hama dan penyakit Terpadu, Pengendalian Hayati, Budidaya Organisme Berguna, , Sistem Pertanian Terpadu dan Berkelanjutan, Pencemaran Lingkungan, Bioteknologi Pertanian, Organisme Pengganggu Tanaman, Pemuliaan Tanaman, dan Pengendalian Hayati.