

BOOK
CHAPTER



PENGELOLAAN HAMA & PENYAKIT TANAMAN HORTIKULTUR



EDITOR

- Sutarman
- Andriani Eko Prihatiningrum
- Dyah Roeswitawati

BOOK CHAPTER
PENGELOLAAN HAMA DAN PEYAKIT TANAMAN
HORTIKULTUR

Editor
Sutarman
Andriani E. Prihatiningrum
Dyah Roeswitawati



UMSIDA PRESS

Diterbitkan oleh
UMSIDA PRESS
Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN: 978-623-464-028-1

Copyright©2022
All rights reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun, secara elektronik, maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.
[Berdasarkan UU No. 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 27, Ayat (1), (2), dan (6)]

Book Chapter

**Pengelolaan Hama dan Penyakit
Tanaman Hortikultur**

Editor

Sutarman

Andriani E. Prihatiningrum

Dosen Prodi Agroteknologi - Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Dyah Roeswitawati

Dosen Prodi Agroteknologi - Fakultas Pertanian dan Peternakan
Universitas Muhammadiyah Malang

Penerbit

UMSIDA PRESS

(Anggota IKAPI No. 18/Anggota Luar Biasa/JTI/2019)

P3I Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Kampus 1 Universitas Muhamamdiyah Sidoarjo

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

Telp. +62 31 8945444

Fax +62 31 8949333

<https://p3i.umsida.ac.id>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas tersusunnya *Book Chapter* tentang pengelolaan hama dan penyakit secara terpadu tanaman horikutlur sebagaimana mestinya.

Buku ini disusun sebagian besar berdasarkan: (i) hasil kajian observasi praktek implementasi pengelolaan hama dan penyakit tanaman sayuran atau horikultur petani di lapang, dan (ii) kajian literatur yang bersumber pada berbagai artikel jurnal nasional dan Internasional relevan terkait aspek *pest and dease management* di bidang hortikultura terutama referensi 5-10 tahun terakhir.

Book chapter ini berisi lima artikel yang masing-masing membahas aspek perlindungan tanaman hortikultur yang berbeda dengan satu artikel yang secara khusus membahas pengelolaan hama dan peyakit benih dan bibit tanaman hortikultur untuk melengkapi keutuhan keseluruhan makalah.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada: Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA), Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UMSIDA atas dukungan moril dan fasilitas yang disediakan bagi penyusunan buku ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Sidoarjo, Oktober 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
Pendahuluan: Relevansi Kajian Pemanfaatan Agen Hayati dalam Pest – Disease Management Tanaman Hortikultura Sutarman	1-6
Pengendalian Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Terong (<i>Solanum Melongena</i> L.) Terpadu Di Desa Permisan Kecamatan Jabon, Sidoarjo Inekeputri V, Masda A, Ahmad A.F, Cintya M.P.N, M. Tsamrotul F, dan Aisyah R, Sutarman	7-30
Pengendalian Penyakit Bercak Daun Dan Hama Kutu Daun Pada Tanaman Seledri (<i>Apium Graveolens</i> L.) Di Dusun Sumberan Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto T. Prahasti, A.D. Assholikhah, R.N. Wahyuningsih, A. Cahyati, F. Abidin, M. C. Mustofa, Sutarman	31-48
Pengendalian Penyakit Moler Dan Hama Ulat Grayak (Spodoptera <i>exigua</i>) Pada Tanaman Bawang Merah (<i>Allium Cepa</i> L.) Di Desa Becirongengor Kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo A. N. Putri, A. A. Dewi, A. U. Fitriyah, I. Khoirunnisa, Y. I. Haq, A. A. Mahendra, dan B. Budiargo, Sutarman	49-69
Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu Tanaman Cabai (<i>Capsicum frustences</i> L.) di Desa BecirongengorKecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo A.F. Farihadina, R. Jannah, I.T. Saputra, M.F. Ramadhani, F. Luthfiyyani, E.F. Marga, Sutarman.....	70-94
Pengelolaan Hama dan Penyakit Tanaman Bayam Hijau (<i>Amaranthus tricolor</i>) di Desa Grogol Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo M.K. Sari, A. Kuswardina, R. Hasanah, A. Syafrizal, N. Kamaludin, Sutarman	95-103
Pengelolaan Hama Dan Penyakit Terpadu Pada Tanaman Sawi (<i>Brassica chinensis</i> var. <i>Parachinensi</i>) Di Desa Grogol Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo Rini, R., Adelia Dwi E.S., Syafitri, M., Burhanudin, M., Khomariyah, N., Sutarman.....	104-113
Pengelolaan Hama Dan Penyakit Pada Benih dan Persemaian Tanaman Hortikutur Sutarman, Sukarno, A.	114-161

PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT PADA BENIH DAN PERSEMAIAN TANAMAN HORTIKULTUR

Sutarman^{1*} & Agus Sukarno²

¹Prodi Agroteknologi, Fakultas Sains dan teknologi – Universitas Muhammadiyah
Sidoarjo

Jl. Raya Gelam No. 300, Candi – Sisoarjo, Jawa Timur, Indonesia
Prodi Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Malang

²Jl. Soekarno-Hatta, Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Email: sutarman@umsida.ac.id

Abstract. Horticultural commodities play an important role in supporting efforts to realize national food security and make Indonesia a world food source starting from the 2040-2050 period requires the readiness of management technology that is able to protect plants and increase production according to plant capacity. especially national food security. One of the obstacles in achieving the target of crop production is the disturbance of pests and plant diseases in all phases of plant growth until post-harvest. The initial phase of plant production which includes the provision of superior and quality seeds, pre-germination, and seedlings or young plants will determine the success of production. Research results in the form of observations and literature reviews aim to provide input for horticultural plant pest and disease management activities, especially in the early stages of the plant production process, from seed management to quality seeds in nurseries. To study the comprehensive management of pests and diseases of horticultural crops, a qualitative approach is used. The method used is qualitative synthesis analysis by collecting theoretical studies relevant to this research and then drawing a conclusion. Data collection techniques were carried out by researchers with literature review and observation. The results of the research show that the potential for disturbance is always high, but there are also various control methods that can be integrated in the efficient, effective, and environmentally friendly management of pests and diseases of horticultural crops. Priority in management is to use all control resources that do not contain toxic chemicals that are harmful to the survival of biological agents, balance ecosystems that are conducive to sustainable agricultural production, and environmental health.

Keywords: management, pests, diseases, seeds, seedlings, nurseries, horticultural crops

Abstrak. Komoditas hortikultur berperan penting dalam mendukung upaya untuk mewujudkan ketahanan pangan Nasional dan menjadikan Indonesia sebagai sumber pangan dunia mulai periode 2040-2050 memerlukan kesiapan teknologi pengelolaan yang mampu melindungi tanaman dan meningkatkan produksi sesuai kapasitas tanaman. ketahanan pangan Nasional terutama. Salah satu kendala dalam pencapaian target produksi tanaman adalah gangguan hama dan penyakit tanaman dalam seluruh fase pertumbuhan tanaman hingga pasca panen. Fase awal produksi tanaman yang meliputi penyediaan benih unggul dan berkualitas, prekecambah, dan bibit atau tanaman muda sangat menentukan keberhasilan produksi. Hasil riset dalam bentuk observasi dan *literature review* bertujuan untuk memberikan masukan bagi kegiatan pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur khususnya pada fase awal proses

produksi tanaman mulai dari pengelolaan benih hingga bibit berkualitas di persemaian. Untuk mengkaji pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur secara komprehensif ini digunakan pendekatan kualitatif. Metode yang digunakan adalah analisis sintesa kualitatif dengan mengumpulkan kajian teoritis yang relevan dengan penelitian ini kemudian diambil suatu kesimpulan. Teknik pengumpulan data dilakukan oleh peneliti dengan literature review dan observasi. Hasil riset memperlihatkan potensi gangguan yang senantiasa tinggi, namun tersedia juga berbagai metode pengendalian yang dapat diintegrasikan dalam pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur yang efisien, efektif, dan ramah lingkungan. Prioritas dalam pengelolaan adalah menggunakan segenap sumberdaya pengendalian yang tidak mengandung bahan kimia toksik yang berbahaya bagi keberlangsungan hidup agensia hayati, keseimbangan ekosistem yang kondusif bagi kelestarian produksi pertanian, dan kesehatan lingkungan.

Kata kunci: pengelolaan, hama, penyakit, benih, bibit, persemaian, tanaman hortikultur

1 PENDAHULUAN

Dalam periode pemerintahan di Indonesia 2014-2019 sudah ditargetkan kemandirian penyediaan bahan pangan pokok seperti beras, jagung, dan kedelai. Di lain pihak, kecuali sawit, Indonesia juga diharapkan mampu mandiri menyediakan kebutuhan pangan yang berasal dari berbagai komoditas pertanian baik produk budidaya tanaman palawija, sayur dan buah-buahan, serta tanaman perkebunan. Bahkan pemerintah dan segenap pemerhati masalah pertanian bertekad mewujudkan Indonesia sebagai sumber pangan dunia mulai periode 2040-2050 [1].

Banyak macam tanaman hortikultur yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan Nasional. Beberapa jenis tanaman hortikultur di Indonesia sering menimbulkan gejolak sosial ketika terjadi ketidak-seimbangan antara permintaan dan suplai. Cabe, bawang merah, dan bawang putih adalah contoh komoditas strategis di Indonesia yang sering kali menimbulkan kerawanan sosial. Kelangkaannya sering menimbulkan spekulasi pedagang yang disinyalir diinisiasi oleh para mafia perdagangan komoditas ini yang sudah tentu menimbulkan keresahan masyarakat. Komoditas cabe sudah menunjukkan betapa perubahan lingkungan misalnya akibat tinggi curah hujan menyebabkan sebagian lahan mengalami gagal panen; hal ini berdampak pada menurunnya stok dan harga melonjak lebih dari 100% serta menyumbang inflasi [2], serta sering menimbulkan gejolak sosial.

Suplai yang tidak mampu memenuhi permintaan disebabkan oleh berbagai penyebab. Selain bencana alam seperti banjir dan kekeringan, serangan hama dan

penyakit sering kali merupakan faktor penting kegagalan panen dan tidak terpenuhinya kuantita permintaan.

Penggunaan pestisida kimia dan bahan pendukung produktivitas dan kesehatan tanaman yang selama ini selalu mengandalkan bahan kimia terbukti kurang efektif daya kerjanya bahkan teancman gagal akibat munculnya resistensi organisme pengganggu terhadap pestisida [3]. Bahan kimia sintetis pestisida sering menimbulkan gangguan bagi kesehatan operator, resistensi pathogen, dan merusakkan organisme di pertanaman [4], di samping memberikan dampak pencemaran bahan toksik bagi lingkungan [5] serta ancaman paparan bahan berbahaya bagi operator dan masyarakat di sekitar pertanaman [6].

Sementara itu dalam proses produksi tanaman hortikultur, penyediaan benih dan kehandalan bibit pada fase pasca awal budidaya menjadi sangat menentukan keberhasilan budidaya. Oleh karenanya penciptaan bibit atau tanaman muda yang sehat dan memiliki performa yang baik adalah merupakan tantangan yang tidak ringan. Ancaman pada fase ini yang paling ditakutkan oleh pembudidaya taaman hortikultur adalah gangguan hama dan penyakit pada benih, bibit, dan tanaman muda.

Beberapa ketidak berhasilan pada fase kritis dalam budidaya tanaman hortikultur yang sering berakibat fatal adalah kegagalan penyediaan benih yang unggul, sehat, dan berkualitas, pengadaan bibit atau anakan yang sehat dan berkualitas, serta aplikasi teknik agronomi yang buruk [7-8].

Benih unggul menjadi tanggung-jawab *plant breeder* dalam penciptaannya dibantu para pakar/peneliti bidang hama dan penyakit terkait tujuan keunggula yang diharapkan. Peran pakar dengan keahlian lainnya juga diperlukan seperti ahli ilmu tanah, bidang fisiologi, dan berbagai keahlian lainnya. Benih unggul sesungguhnya bukan hanya memenuhi criteria ketahanan terhadap hama dan peyakit tertentu, teatpi juga tahan tana masam, tahan tanah salin, dan ketahanan berbagai cekaman lingkungan lannya. Unggul juga mencerminkan kriteria sehat, serta daya kecambah dan memiliki vigor yang baik ketika dikecambahkan.

Saat ini dengan berkembangnya iptek, proses peyediaan bibit yang baik tidak lagi mengandalkan tekik konvensional melalui pengecambahan benih dan perbanyakkan secara makropropagasi seperti dari stek, grafting, dan teknik konvensional lainnya, tetapi juga sudah menggunakan teknik kultur in vitro. Ketika

pembebasan bibit dari jamur, bakteri, dan virus patogen yang bersifat *seed borne* dibutuhkan, maka teknik kultur in vitro menjadi pilihan yang terbaik. Pemanfaatan karakteristik intrinsik benih-benih tertentu dioptimalkan sehingga mampu meningkatkan vigor dan viabilitas benih [9]. Pemahaman tentang efek residu pestisida tertentu terhadap perkecambahan dan pertumbuhan awal bibit juga telah diketahui [10-12] sehingga dapat memperkaya informasi yang dibutuhkan dalam pengelolaan. Sementara itu fungsi endofit dari benih justru memberi manfaat bagi perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit [13-14], mengingat mikroba endofitik juga mampu meniadakan senyawa pengatur pertumbuhan dan memberi perlindungan busuk akar bibit [15]. Selain itu ancaman munculnya berbagai virus baru yang mengancam bibit dan tanaman muda hortikultur juga perlu diwaspadai [16-17]. Berbagai informasi dalam satu dasawarsa ini dari berbagai negara di Indonesia ini penting untuk dioptimalkan pemanfaatannya sejalan dengan tuntutan masyarakat akan bibit dan tanaman sayuran yang rata-rata bermutu pendek itu bebas dari bahan berbahaya melalui strategi dan metode perlindungan benih dan bibit serta tanaman hortikultur serangan organisme pengganggu dan cekaman lingkungan lainnya. Selain itu investigasi yang selalu dikembangkan di persemaian juga penting dilakukan, Identifikasi penyebab penyakit dan investigasi ekologiannya sangat penting untuk pengembangan strategi Integrated Pest management (IPM) [18]. Rincian pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur diperlukan sebagai masukan bagi upaya peningkatan produktivitas pertanian hortikultur yang ramah lingkungan dan efisien dalam budidayanya sekaligus ikut mendukung perwujudan ketahanan pangan dan mempertahankannya bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia.

2 METODE PENELITIAN

Untuk mengkaji pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur secara komprehensif ini digunakan pendekatan kualitatif. Metode yang digunakan adalah analisis sintesa kualitatif dengan mengumpulkan kajian teoritis yang relevan dengan penelitian ini kemudian diambil suatu kesimpulan. Teknik pengumpulan data dilakukan oleh peneliti dengan literature review dan observasi

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Benih dan Persemaian

3.1.1 Benih

Dalam berbagai referensi dan biasa digunakan dalam komunikasi ilmiah di bidang pertanian, benih didefinisikan sebagai biji yang digunakan untuk keperluan memperbanyak tanaman. Biji adalah bagian buah tanaman yang berasal dari perkembangan lebih lanjut dari proses penyerbukan antara putik dan benang sari. Biji selain memiliki pengertian sebagai hasil budidaya tanaman yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan keperluan industri juga merupakan bagian tanaman yang dimanfaatkan untuk memperbanyak tanaman [19]. Benih yang dikecambahkan kemudian menjadi suatu stadium yang disebut bibit. Pembuatan dan proses penyediaan bibit biasanya dilakukan di suatu tempat atau lokasi yang disebut pembibitan atau persemaian.

Berdasarkan karakter fisiologinya benih dibedakan menjadi benih orthodox, benih rekalsitran, dan benih intermedit.

Benih orthodox adalah benih yang pada masa panen/fisiologi memiliki kandungan kadar air yang relatif rendah; dicirikan oleh: (i) sifatnya yang bisa dikeringkan tanpa mengalami kerusakan, (ii) viabilitas biji tidak mengalami penurunan yang berarti dengan penurunan kadar air hingga di bawah 20%, sehingga biji tipe ini bisa disimpan dalam kadar air yang rendah, (iii) tahan disimpan pada suhu rendah dan dikeringkan dengan pengeringan. Beberapa jenis tanaman yang benihnya dalam kelompok ini adalah: kedele (*Glycine max*), kacang hijau (*Vigna radiate*), padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), bayam (*Amaranthus tricolor*), sawi (*Brassica rapa*), kangkung (*Ipomoea reptans*), cabe (*Capsicum annum*), anggur (*Vitis vinifera*), sengon (*Paraserianthes falcataria* Folsberg), tusam *Pinus mercurii* Jung et deVriese, dan cendana (*Santalum album*), akasia (*Acacia mangium* Wild), sonobrit (*Dalbergia latifolia* Roxb), ampupu (*Eucalyptus urophylla*), *Eucalyptus deglupta* Blume), gmelina (*Gmelina arborea* Linn) [20].

Benih rekalsitran adalah benih dengan ciri-ciri sebagai berikut: (i) sangat peka terhadap pengeringan dan akan mengalami kemunduran pada kadar air dan suhu yang rendah, (ii) pada saat masa panen/fisiologi memiliki kandungan air yang relatif tinggi,

(iii) hanya mampu hidup dalam kadar air tinggi (36-90 %); penurunan kadar air akan berakibat penurunan viabilitas biji hingga kematian, sehingga biji tidak bisa disimpan dalam kadar air rendah, dan (iv) benih akan mati kalau kadar airnya diturunkan sebelum mencapai kering dan tidak tahan di tempat yang bersuhu rendah. Contoh benih ini adalah kakao (*Theobroma cacao*), durian, (*Durio zibethinus*), srikaya (*Annona squamosa*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), damar (*Agathis lorantifolia* Salisb), eboni (*Diosypros celebica* Back), karet (*Hevea brasiliensis* Aublet), makadame (*Macadamia hildenbrandii* Steen), *Shore compressa*, dan *S. Seminis* [20].

Biji intermediet adalah benih yang memiliki sifat peralihan antara benih rekalsitran dan benih orthodox. Pada tipe intermediet ini, benih mampu bertahan hidup meskipun kadar airnya diturunkan pada batas tertentu; namun demikian tetap masih berada di atas kadar air biji ortodok. Tanaman dengan biji tipe peralihan ini di antaranya adalah jeruk lemon (*Citrus limon*) dan kopi arabika (*Coffea arabica*).

3.1.2 Bibit

Bibit adalah tanaman muda yang akan digunakan untuk kegiatan produksi tanaman. Bibit merupakan hasil perbanyakan yang diperoleh secara generatif yaitu dari biji setelah melalui proses perkecambahan serta dapat merupakan hasil perbanyakan secara vegetatif. Bibit hasil perbanyakan vegetatif pastilah akan memiliki sifat yang sama dengan tetua atau induksi, sementara yang berasal dari biji pasti akan ditemui perbedaan sifat.

Perbanyakan secara vegetatif dilakukan karena pertimbangan kemudahan melaksanakan perbanyakan dan proses pertumbuhan hingga produksi tanaman menjadi lebih cepat, namun demikian sering kali tingkat keberhasilan tumbuhnya kecil. Pada perbanyakan yang menggunakan cara penyetekan pada kakao sering kali stek mengalami kematian dan mengering karena tingginya laju respirasi lewat daun, sehingga alternatif perbanyakan secara vegetatif yang masih dipertahankan adalah dengan cara okulasi dan sambung pucuk.

3.1.3 Persemaian

Persemaian sering diidentikkan dengan tempat untuk pembuatan dan penyiapan bibit hingga siap ditanam. Pada kegiatan produksi bibit yang berasal dari benih di persemaian akan berlangsung beberapa tahapan kegiatan yaitu:

- (i) Penyiapan benih yang akan digunakan dalam pembuatan bibit;
- (ii) Penyiapan sarana produksi terutama: tempat pengecambahan, tempat pembuatan media pembibitan, area untuk pemeliharaan bibit hingga siap dibawa ke lapang dan ditanam;
- (iii) Proses pengecambahan benih, biasanya dilakukan pada baki pengecambahan atau sejenisnya;
- (iv) Proses pemindahan bibit muda yang sudah menunjukkan perkembangan kotiledon pada polibag atau pot dan disenut sebagai *overspin* atau penyapihan;
- (v) Pemeliharaan bibit sejak setelah penyapihan hingga bibit siap tanam di lapang.
- (vi) Pengangkutan bibit tanaman dari area persemaian ke lapang.

Untuk kegiatan produksi bibit tanaman yang menggunakan teknik kultur jaringan (kultur *in vitro*), maka tidak ada proses pengecambahan tapi ketika plantlet (tanaman hasil proses kultur *in vitro*) terbentuk, maka harus tersedia ruang baik dalam bentuk rumah kaca (*green house*) atau rumah plastik yang atapnya dilapisi paranet dengan kemampuan menahan intensitas cahaya 90% hingga 40% tergantung pada umur plantlet dan jenis tanamannya. Kisaran waktu plantlet diinkubasi di ruang teduh tersebut disebut periode aklimatisasi. Waktu aklimatisasi juga bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungan di samping kondisi perkembangan plantlet itu sendiri. Penampilan dan kebugaran plantlet atau tanaman muda di ruang inkubasi selama proses aklimatisasi terutama pada kondisi yang hampir menyerupai di lapang akan menjadi pertimbangan kesiapan tanaman muda untuk dikirim ke lapang. Jika tanaman tersebut biasa hidup tanpa naungan, maka sejalan dengan pertambahan umur, intensitas paranet dalam menahan cahaya mungkin digunakan yang semakin kecil hingga mendekati kondisi tanpa peneduh. Berbeda jika tanaman merupakan jenis yang membutuhkan naungan, maka penggunaan paranet 30-50 % mungkin sebagai sarana

penciptaan kondisi bagi keperluan mengevaluasi kebugaran tanaman untuk siap dibawa ke lapang.

Persyaratan mutlak bagi pembuatan persemaian adalah ketersediaan air atau persemaian tidak boleh jauh dari sumber air. Pada persemaian besar air biasanya digunakan untuk pengairan yang disemprotkan secara masif melalui sprinkel (Gambar 1). Persemaian juga menuntut adanya jalan akses terutama bagi kendaraan pengangkut bibit dan sarana produksi pertanian seperti pupuk dan keperluan lainnya. Biasanya posisi persemaian ditentukan berdasarkan kemudahan akses baik bagi pihak pengelola persemaian maupun pihak konsumen.



Gambar 1. Persemaian pinus yang dilengkapi dengan alat penyemprot air sprinkel (Foto: koleksi Sutarman, 2004)

3.2 Hama Benih dan Persemaian

Hama adalah hewan yang aktivitasnya menimbulkan kerusakan pada tanaman. Termasuk dalam golongan hama adalah berbagai jenis serangga (insecta), acarina, nematoda, keong/bekicot, dan hewan tikus (rodentia).

Jenis-jenis organisme yang biasa menjadi hama tersebut tidak selalu berbahaya bagi banyak jenis pertumbuhan kecambah, bibit, dan tanaman muda serta tidak menyerang di semua fase sejak perkecambahan hingga tanaman muda. Belalang biasanya merangan tanaman muda, sementara itu tikus biasa menyerang benih yang baru ditanam hingga awal perkecambahan. Serangga yang sering menjadi hama di persemaian adalah serangga dari ordo-ordo tertentu yaitu Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Orthoptera, Homoptera, dan Hemiptera.

Tinggi rendahnya derajat kerusakan yang dapat di timbulkan oleh suatu serangga perusak tanaman terutama di tentukan oleh jumlah individunya (populasi serangga). Apabila jumlah serangga perusak tanaman hanya beberapa ekor saja,

maka kerusakan yang dapat di timbulkan secara ekonomis tidak berarti tetapi bila jumlah serangga naik terus maka pada suatu jumlah terutama kerusakan yang di timbulkan secara ekonomis akan sudah berarti besar jumlah serangga (tingkat populasi) yang menimbulkan kerusakan ekonomis berarti untuk spesies berbeda akan berbeda pula. Dengan jalan menekan jumlah serangga yang sedang menimbulkan suatu kerusakan tanaman, maka dapatlah kerusakan yang ekonomis berarti dapat di hilangkan. Mengingat hal demikian maka dalam usaha mengadakan perlindungan tanaman dan hasil tanaman terhadap serangga-serangga perusak memahami prinsip-prinsip mengenai naik turunnya populasi serangga.

Perkembangan jumlah serangga di tentukan oleh dua factor utama yaitu: (i) faktor biotik meliputi: daya reproduksi dan daya survivalitas serangga, kualitas dan kuantitas makanannya, parasit dan predator, dan factor fisik seperti suhu, sinar, curah hujan, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

Aktivitas organisme hama dapat menimbulkan kerusakan baik langsung maupun tidak langsung pada benih dan bibit. Kerusakan biji dan benih, kematian kecambah, kehilangan bagian tanaman (daun, batang, akar) yang dapat menginisiasi proses kematian tanaman merupakan bentuk kerusakan langsung. Kerusakan tak langsung misalnya menurunkan ketahanan tanaman, dan pada berbagai jenis kutu (aphids, Himenoptera) sebagai vektor berbagai penyakit tanaman.

3.3 Penyakit Benih dan Persemaian

Etiologi dan pathogenesis. Kemunculan penyakit pada benih dan bibit bukannya semata-mata kemampuan patogen untuk melakukan serangan, akan tetapi terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan benih dan bibit bibit sakit, yaitu: (i) yang bersifat biotik seperti: fungi, bakteri, dan virus, serta (ii) yang bersifat abiotik seperti: suhu, kelembaban, dan persenyawaan yang dapat memicu dan memfasilitasi kemunculan penyakit, serta (iii) interaksi antara faktor biotik dan abiotik.

Kejadian penyakit diawali oleh pre disposisi propagul patogen misalnya dalam bentuk spora yang menempel pada permukaan benih atau bagian tubuh bibit. Terjadinya penyakit di persemaian tidak lepas kaitannya dengan kondisi tegakan tempat dilakukan pengumpulan benih.

Setelah sukses menginfeksi, patogen selanjutnya melaksanakan aktivitas dengan tahapan sebagai berikut: (i) memetabolisasi senyawa kompleks (selulosa/karbohidrat, protein) dan senyawa sederhana (gula dan metabolit lainnya) dalam rangka mengkonsumsi metabolit-metabolit di dalam sel-sel tumbuhan; (ii) mengganggu aktivitas sel-sel jaringan dengan menggunakan enzim, toksin, dan senyawa perusak lainnya sehingga mengakibatkan sel-sel dan jaringan mati; dan (iii) menggunakan sumberdaya yang terdapat di dalam sel tumbuhan untuk keperluan hidup dan perkembangan patogen.

Adapun proses dalam patogenesis yang dilakukan oleh patogen adalah sebagai berikut [21]: (i) Produksi dan penyebaran inokulum (bagian patogen yang mengadakan kontak dengan tumbuhan inang seperti: spora, miselium, konidium, sklerotium, klamidospora), (ii) Predisposisi atau jatuh dan menempelnya propagul patogen pada permukaan benih atau bibit bagian, dan proses ini disebutpula sebagai inokulasi , (iii) Proses penetrasi yang pada fungi pathogen diawali dengan perkecambahan spora membentuk tabung kecambah yang ujung dapat menerobos sel tanaman. Pada saat inipatogen membekali dirinya dengan enzim selulolitik dan/atau pektinolitik untuk melunakkan molekul dinding sel, dan (iv) infeksi yaitu fase awal masuknyabagian tubuh pathogen mengkesploitasi isi sel untuk mendapatkan makanan. Saat ini serangan penyakit mulai muncul yang kemudian dikuti oleh pergerakan hifa untuk menginfeksi sel-sel di sekitarnya sehingga kemudian muncul gejala penyakit.

Tanaman juga mempersiapkan dirinya dengan enzim pertahanan yaitu: (i) polifenoloksidase, enzim ini dijumpai di hipokotil; pada tanaman sehat, produk reaksinya berada di ruang tilakoid dan saluran "fret" kloroplast sel-sel daun, sedang pada daun sakit, produk reaksi terdapat di semua sel yang mengandung kloroplast; dan (ii) peroksidase, berperan dalam pengoksidasian senyawa fenolik dan metabolit lain dalam rangka penyusunan komponen dinding sel.

Terkait potensi kemunculan serangan pathogen penyebab penyakit, semua sarana produksi dan lingkungan di persemaian rawan menyediakan sebagai sumber inokulum patogen, yaitu:

- (i) Benih, pada beberapa jenis di dalam benih dapat terkandung virus bahkan bakteri yang terbawa mulai proses penyerbukaan hingga pematangan biji; patogen yang terbawa disebut bersifat sebagai *seed borne pathogen*

- (ii) Media pembibitan mulai dari proses penyapihan hingga pemindahan di area pemeliharaan; patogen yang terbawa dari tanah top soil, kompos, atau pupuk kandang bisa sebagai *air borne pathogen* dan/atau *soil borne pathogen*.
- (iii) Air untuk berbagai keperluan dalam pembibitan baik saat penyapihan dan selama proses pemeliharaan, apalagi jika air yang diperoleh dari sungai dan saluran irigasi;
- (iv) Peralatan produksi mulai dari cangkul, sekop, traktor, dan lainnya; patogen bisa terbawa melalui tanah yang menempel peralatan;
- (v) Manusia baik pelaksana persemaian maupun pengunjung; banyak patogen *air borne* dan virus yang mengendap dan menempel di tangan atau bagian tubuh lainnya termasuk alas kaki berpotensi berpindah ke bagian tubuh tanaman mulai dari penyapihan hingga tanaman siap dikirim.

Gejala dan tand. Adanya infeksi patogen pada benih dan bibit akan memunculkan kondisi fisiologis yang menyimpang dari keadaan normal dan disebut sebagai **gejala penyakit**. Perubahan fisiologis yang ditunjukkan oleh gejala akibat serangan patogen pada satu tanaman mungkin berbeda dengan tanaman lainnya. Sementara itu gejala fisiologi pada benih khususnya akibat serangan damping off biasanya relative sama. Gejala khas terlihat pada batang kecambah yang patah terutama pada bagian yang paling pangkal.

Gejala pada benih dan kecambah. Benih yang sakit biasanya menunjukkan gejala yang secara morfologi tampak menyimpang misalnya agak membengkaka, mengecil, membusuk, atau gosong. Namun demikian benih sakit bisa juga tidak tampak adanya kelainan sehingga tidak terdapat perbedaan dengan benih sakit. Gejala nekrosis pada pangkal kecambah mulai dari bagian luar hingga seluruh jaringan mengalami kematian. Dengan demikian sistem transformasi air dan senyawa dari endosperma menuju jaringan batang dan kotiledon di atasnya menjadi terputus sehingga tajuk kecambah dan bibit tumbang untuk kemudian tampak layu hingga mati. Gejala demikian dikenal sebagai *damping off*.

Fungi penyebab *damping off* dan fungi saprofit juga dapat merusak benih di penyimpanan. *Aspergillus* dan *Rhizopus* sering menyebabkan busuk kering pada biji atau benih di penyimpanan; peningkatan sedikit kadar air dari kondisi optimal di

penyimpanan akan memicu peningkatan aktivitas fungi saprofit yang dapat merusak benih.

Gejala pada bibit. Pada fase bibit atau periode sesudah bibit muda atau mulai dari *over spin* atau pemindahan dari bak persemaian karena sudah berbentuk bibit muda hingga bibit siap di tanam di lapang akan mendapat ancaman serangan patogen jaih lebih banyak jenisnya dengan gejala serangan yang beragam hampir seperti pada kondisi tanaman di lapangan atau tanaman dewasa. Bibit yang sakit bisa juga berbeda secara ukuran, bentuk, dan penampilanya dibandingkan dengan bibit yang sehat. Seringkali gejala tampak oleh mata telanjang, namun sebagian justeru harus menggunakan lup atau mikroskop untuk melihat adanya gejala bibit sakit.

Bila gejala menunjukkan kondisi kelainan tanaman sebagai akibat penyimpangan fisiologis, maka tanda menunjukkan bentuk atau wujud penyebab penyakitnya. Dalam menentukan tanda seranga penyakit, beberapa hal harus diperhatikan yaitu:

- (i) Bentuk. vegetative atau reproduktif patogen yang menyebabkan tanaman menjadi sakit disebabkan oleh patogen. Pengamat cukup dengan memeriksa fase vegetatif saja misalny dengan melihat konidiospora, Dalam hal ini biasanya diperlukan alat bantu mikroskop mengingat terutama fungi dan bakteri berukuran mikroskopis. Di lain pihak bentuk vegetatif dan reproduktif tertentu bisa dilihat dengan catatan bahwa si pengamata sudah mengenal karakteristik morfologi patogen atau memiliki referensi standard sebagai acuannya. Warna ungu anyaman miselium yang merupakan suatu koloni yang tampak cawan petri khas mungkin sudah dapat dipastikan patogennya adalah *Fusarium oxysporum*;
- (ii) Pengamat harus mempelajari dengan seksama mengenai berbagai bentuk vegetative atau reproduktif patogen untuk mendapatkan kepastian, misalnya terkait dengan percabangan dan sekat-sekat hifa;

Penyakit benih dan kecambah. Penyakit pada fase perkecambahan yang berbahaya dan sering menjadi penyebab kegagalan produksi bibit pada tahap awal adalah *damping off*. Patogen yang menyerang biasanya bersifat sebagai pathogen tular tanah (*soil borne*) yang siklus hidup dan aktivitasnya menyebabkan tanaman sakit melibatkan tanah sebagai media bertahan dan/atau melangsungkan hidupnya serta

pemencarannya. Sebagian besar patogen soil borne menyerang bagian bawah tanaman terutama di dalam tanah atau rhizosfer dan di atas permukaan tanah baik pada batang maupun daun atau tajuk. Serangan pada bagian tajuk biasanya dilakukan pada tanaman fase bibit. Beberapa spesies fungi patogen yang paling sering menyebabkan *damping off* di antaranya: *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. Beberapa di antara fungi patogen ini memiliki kisaran inang yang agak luas. *R. solani* yang diisolasi dari kecambah *Pinus merkusii* (tusam) layu ternyata dapat menyebabkan *damping off* pada kedele

Penyakit Bibit. Proses patogen menyerang bibit bisa dimulai sejak masih dalam bentuk benih dan kecambah hingga munculnya memang pada saat tanaman berstatus bibit. Seringkali tidak dapat dipisahkan fokus perhatian penanganan penyakit *damping off* di antara fase benih dan pengecambahan di baki persemaian atau bedeng persemaian dengan fase bibit di persemaian. Pada saat ini berbagai tanaman sayuran seperti: sawi, cabe, terong, dan berbagai macam tanaman lainnya sudah banyak dijual dalam bentuk bibit. Ada pengrajin atau pelaku usaha mikro yang mengkhususkan diri memproduksi aneka bibit tanaman sayuran yang dulu tidaklah lazim. Sebagian petani bertani sayuran dengan menanam benih dan merawatnya hingga panen. Sebagian lagi tidak ingin repot membuat persemaian atau menunggu biji yang ditanam tumbuh dan kemudian merawatnya hingga panen. Ada kecenderungan sebagai pelaku usaha budidaya tanaman sayuran ini ingin mempercepat proses produksi sehingga perputaran ekonomi usahanya menjadi lebih cepat.

Bagi petani yang memproduksi bibit sudah tentu harus berupaya menghasilkan bibit yang sehat. Oleh karenanya perlindungan terhadap gangguan patogen sejak benih hingga bibit harus dilakukan secara seksama.

Di bidang kehutanan, telah mendeterminasi patogen dan gejala serangannya pada persemaian pinus. Namun sejauh ini pihak pengelola (Perum Perhutani) relatif kurang menganggap penyakit ini suatu persoalan yang mengkhawatirkan. Secara patogenesis, sesungguhnya penyakit hawar daun bibit pinus ini berpotensi mengancam kelestarian pertanaman di kawasan hutan pinus (*P. merkusii*). Hal ini dimungkinkan karena tampaknya kebanyakan pinus akan selalu mengandalkan penyemaian benih. Kasus serangan patogen *Phytophthora palmivora* pada tingkat bibit hingga tanaman kakao muda dapat menimbulkan serangan berat bahkan kematian bibit sebelum

dibawa ke lapang untuk ditanam. Tanpa tindakan pengendalian yang tepat, maka gejala infeksi ringan pada daun yang sudah tumbuh sempurna kan berubah menjadi gejala sedang, agak berat hingga sangat berat dan kematian (Gambar 2).



Gambar 2. Perubahan kondisi daun bibit koko yang terinfeksi *Phytophthora palmivora* mulai dari keadaan sehat (a), bergejala hawar kondisi sedang (b) hingga parah (c) dan daun mati (d) (Foto: koleksi Sutarman, 2017) [20]

3.4 Prinsip dan Strategi Pengelolaan

Pengelolaan hama dan penyakit tanaman adalah suatu rangkaian mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan yang bersifat memberi perlindungan terhadap tanaman yang dibudidaya dengan memanfaatkan berbagai sumberdaya yang tersedia. Berbagai sumberdaya yang memungkinkan itu diintegrasikan sesuai kebutuhan untuk menekan populasi dan ntensitas serangan hingga pada level tertentu yang memberikan keuntungan maksimal dalam rangka penyelamatan produksi tanaman dari kehilangann hasil.

Berbagai sumberdaya yang dimanfaatkan tersebut akan merupakan matode-metode yang layak untuk diaplikasikan sebagai tindakan pengendalian. Berbagai sumberdaya atau metode pengendalian tersebut di antaranya meliputi: (a) peraturan/undang-undang yang bertujuan untuk meniadakan patogen dari inang atau daerah geografis tertentu; (b) teknik budidaya yang aplikasinya bertujuan untuk penekanan kontak tumbuhan dengan oranisme pengganggu dan menciptakan kondisi pertanaman yang tidak mendukung kehidupan dan aktivitas hama dan patogen; (c) agensia hayati biokontrol baik predator hama, pathogen dan parasitoid hama, parasit pathogen bahkan kompetitor bagi pathogen dan agensia *natural control*; (d) sumberdaya fisik pertanaman yang dapat dimanfaatkan dan/atau dimanupulasi untuk

kepentingan menekan gangguan hama dan penyakit; (e) penggunaan bahan kimia atau pestisida sintetis toksik; dan (f) tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pestisida nabati.

3.4.1 Prinsip-prinsip pengelolaan penyakit

Beberapa prinsip dalam pengelolaan penyakit meliputi: (i) pemanfaatan mekanisme ketahanan tanaman, (ii) pemanfaatan agen biokontrol, (iii) pemanfaatan teknologi agronomi, (iv) aplikasi pestisida nabati, (v) aplikasi fisik dan mekanis, (vi) aplikasi bahan kimia sintetis toksik, dan (vii) integrasi metode pengendalian.

Dalam kondisi nutrisi tercukupi sesungguhnya tanaman memiliki kemampuan untuk mengatasi cekaman lingkungan baik yang bersifat biotik maupun abiotik. Artinya bahwa ketika bibit atau tanaman kekurangan nutrisi, maka tanaman tidak dapat mengoptimalkan **mekanisme ketahanannya** terhadap serangan patogen. Kecukupan atas campuran nutrisi makro dan mikro dapat berpengaruh terhadap pengendalian penyakit embun tepung tanaman anggur [22]. Aktivitas polifenol oksidase dan peroksidasi tidak dapat optimal ketika nutrisi di lingkungan tidak tersedia secara cukup [23]. Selain itu, kondisi lingkungan seperti sinar matahari, suhu, kelembaban, dan air dalam kondisi optimal mendukung kehidupan tanaman, maka bibit memiliki ketahanan yang cukup untuk mengatasi gangguan patogen penyebab penyakit.

Di alam sesungguhnya tersedia berbagai organisme yang berperan sebagai **agen biokontrol** namun masing-masing dalam intensitas populasi yang rendah sehingga tidak mampu melindungi tanaman dari gangguan patogen. Pengkayaan populasi agen biocontrol merupakan salah satu cara bagi pemanfaatannya dalam perlindungan tanaman. Dalam kepadatan populasi yang optimal yang sengaja diberikan dalam formula tertentu akan memberikan kondisi yang optimal bagi aktivitas agen biocontrol yang dapat memenangkan persaingan dan sekaligus menekan organisme patogen. Saat ini beberapa jenis organisme khususnya fungi dan bakteri dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida dalam budidaya tanaman.

Metode lain yang efisien dan ramah lingkungan adalah memanfaatkan teknik budidaya tanaman yang mampu menciptakan kondisi lahan dan pertanaman yang

dapat mendukung pertumbuhan bibit namun sekaligus memberikan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan atau menekan organisme patogen tanaman.

Saat ini berbagai hasil riset menunjukkan hasil-hasil pengujian efektivitas ekstrak tumbuhan terhadap organisme pengganggu tanaman yang memberikan prospek yang baik di masa mendatang. Meskipun tidak mudah memformulasi **ekstrak tumbuhan sebagai pestisida nabati** untuk keperluan komersial, pemanfaatannya dalam skala terbatas atau untuk menjadi bagian dalam program *Integrated Disease Management* yang memadukan dengan metode-metode lainnya akan memberikan peluang yang besar dalam usaha tani.

Memodifikasi lingkungan yang seringkali merupakan bagian dari teknik agronomi adalah pengaturan fisik dan penggunaan cara-cara mekanik untuk memberikan perlindungan bagi tanaman dari gangguan patogen sangatlah disarankan. Namun demikian perlakuan ini memerlukan penanganan khusus. Pada buddiaya anggrek dan bunga-bunga bernilai tinggi, tindakan mekanis berupa perempasan bagian tanaman yang bergejala sakit lebih aman bagi kesehatan keseluruhan pertanaman.

Aplikasi pestisida kimia sintesis toksik. Sudah banyak dipahami bahwa aplikasi pestisida dilakukan bila tidak ada metode yang efektif untuk pengendalian penyakit dan penyakit akan menimbulkan kerusakan yang lebih parah jika tidak segera ditangani. Namun demikian banyak pelaku budidaya kurang memiliki pengetahuan khusus tentang karakteristik dan bahan aktif pestisida, sehingga keputusan penggunaan pestisida bukan didasarkan oleh kebutuhan dan pertimbangan yang paripurna.

Pestisida untuk tanaman hortikultur digunakan pula pada umumnya di semua komoditas pertanian. Pestisida untuk mengendalikan hama biasa tergantung sasarannya yaitu: serangga (insektisida), akarina (acarisida), tikus (rodentisida), jamur (fungisida), bakteri (bakterisida), virus (virisida), dan nematode (nematisida).

Tiap jenis pestisida mengandung bahan aktif, yaitu bahan yang dapat menimbulkan efek peracunan dan kematian bagi fungi, di samping mengandung berbagai bahan lainnya baik yang bersifat sebagai *carrier* (bahan pembawa), pelarut, perata, dan perekat sehingga fungisida dapat dibawa, diaplikasikan, dan memiliki efektivitas yang dapat diandalkan. Penggunaan bahan aktif pestisida yang sama dalam kurun waktu yang lama dapat menimbulkan ancaman resistensi bagi hama dan

penyakit. Oleh karenanya, pemilihan jenis, frekuensi aplikasi, dosis dan konsentrasi harus menjadi perhatian khusus. Prinsip aplikasi pestisida sesuai jadwal harus dibuang jauh-jauh. Monitoring dini dan berkelanjutan dengan frekuensi yang konsisten akan membantu dalam menentukan jenis, waktu, dan frekuensi aplikasi pestisida kimia sintetis toksis.

Mankozeb adalah fungisida kontak yang paling lama dan paling diandalkan di persemaian; sering digunakan dalam pengendalian berbagai jenis penyakit yang disebabkan oleh fungi pada berbagai jenis bibit tanaman. Oleh karenanya mankozeb termasuk dalam bahan aktif fungisida yang memiliki spektrum fungi target yang luas. Mankozeb merupakan campuran maneb (logam "manganese ethylenebis") dan zineb (logam "zinc ethylenebis"). Aplikasi bahan aktif biasanya melalui perendaman benih dengan fungisida telah banyak dengan tujuan untuk melindungi kecambah dan bibit muda dari gangguan *damping off*.

Integrated disease management (IDM) merupakan metode yang paling ideal dan diharapkan dapat diimplementasikan pada kegiatan usaha tani. Dalam program ini tidak ada satu metode yang tersedia *dianak-tirikan* ataupun *dianak-emaskan* karena beberapa metode yang dipilih dan diintegrasikan untuk perlindungan tanaman adalah sesuai dengan karakteristik pertanaman dan kondisi lingkungan selain pertimbangan ekonomi dan keamanan.

3.4.2 Strategi pengelolaan penyakit

Pemilihan istilah pengelolaan dibandingkan pengendalian adalah bertujuan untuk memberikan penekanan tentang pentingnya memadukan berbagai metode yang senantiasa mempertimbangkan pengaturan kesatuan obyek pengelolaan yang dalam hal ini pertanaman dalam arti luas. Strategi pengelolaan penyakit di suatu lahan pertanaman haruslah mengacu pada penetapan pertimbangan dasar pengelolaan penyakit yang meliputi: (i) karakter agroekosistem pertanaman, di mana potensi gangguan akan sangat besar pada lahan yang lingkungannya sudah rusak dibandingkan lahan yang dikelilingi hutan lindung, (ii) riwayat gangguan hama-penyakit, petani tidak perlu menghabiskan biaya untuk mengantisipasi penyakit yang tidak pernah ada di lahan tersebut, (iii) komoditas yang ingin dibudidayakan, akan berbeda tantangan gangguan di antara satu komoditas dengan komoditas lainnya, serta (iv) sumberdaya produksi

yang dimiliki, termasuk ketersediaan musuh alami, peralatan dan bahan untuk pengendalian, dan tenaga terampil.

3.4.3 Konservasi agroekosistem

Agroekosistem menunjukkan hubungan timbal balik antara semua komponen yang berada di lahan pertanian yang dalam perpektif agronomi diarahkan untuk memberi keuntungan ekonomi bagi pembudidaya. Rekayasa system dalam pertanaman dan lahan sangat diharapkan senantiasa berada pada level yang memberi keuntungan. Dengan demikian apaun perencanaan dan tindakan buddiaya tanaman haruslah tidak mendegardasi daya dukung lingkungan agar produksi tanaman selalu sesuai yang diharapkan. Untuk itu maka segala teknik dan tindakan yang terpakai di lahan haruslah dapat mengkonsrvasi agroekosistem minimal terpeliharanya daya dukung lingkungan bagi produktivitas lahan dan tanaman sesuai harapan. Untuk itu maka pemilihan bahan berbahaya seperti pestisida kimia sintetistoksik harusditekn seminimal mungkin. Sebaliknya penggunaan metode, teknik, dan bahan ramah lingkungan harus menjadi prioritas yang sudah tentu tidak mungkin menghapus sepenuhnya penggunaan bahan kimia berbahaya terutama pada lahan yang sebelumnya sudah biasa diperlakukan dengan menggunakan bahan kimia berbahaya.

3.4.4 Berorientasi integrasi metode pengendalian

Satu metode atau teknik pengendalian tidak mungkin dapat diterapkan pada semua komoditas, semua kondisi, dan semua jenis gangguan. Sementara itu dalam buddiaya satu komoditas tertentu tidak mungkin dalam jangka panjang menggunakan satu teknik pengendalian; hal ini selain terancam gagal juga dapat mengakibatkan ketifdak-efisienan. Ada banyak teknik dan metode pengendalian dengan biaya yang beragam dari mulai yang paling murah hingga paling mahal. Pengaturan lingkungan pertanaman misalnya penurunan kelembaban pertanaman dan peningkatan intensitas rata-rata sinar yang diterima tanaman melalui pemangkasan jelas lebih murah dibandingkan aplikasi pestisida kimia yang mahal untuk mencegah serangan kutu yang menyukai kelembaban dan kondisi rindangtajuk tanaman. Kombinasi dengan aplikasi agen biokontrol yang dapat berperan sebagai pupuk hayati jelas akan meningkatkan efisiensi biaya budidaya. Pengintegrasian kedua teknik agronomi yang dilengkapi

dengan teknik monitoring berkala secara teratur akan meningkatkan efisiensi dan efek perlindungan tanaman yang tinggi.

3.5 Teknik Pra Pengendalian

3.5.1 Teknik pengambilan sampel

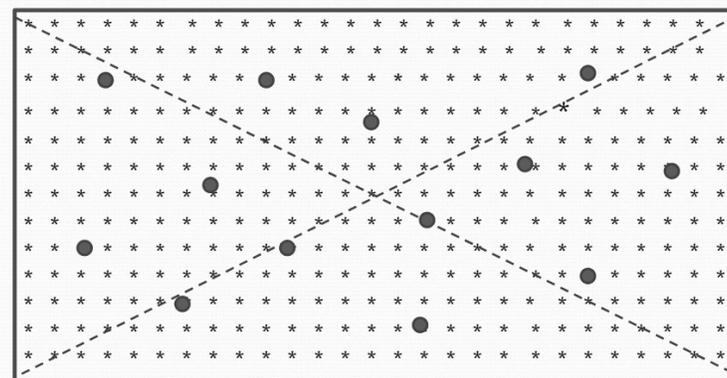
Dalam rangka mempersiapkan pengamatan penyakit tanaman, maka diperlukan pengambilan sampel yang representatif. Untuk di persemaian kegiatan pengamatan bisa dilakukan terhadap seluruh populasi bibit. Untuk pengamatan anakan atau bibit yang baru ditanam di lapang, dengan luasan yang sempit misalnya kurang dari satu hektar bisa diamati semua tanaman, tetapi tentunya membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih banyak. Di perkebunan yang luas bahkan hingga ratusan hektar, maka pemilihan sampel dengan jumlah relatif sedikit tapi representatif mutlak diperlukan.

Efektivitas atas sampel yang diambil oleh observer sangat ditentukan oleh:

- (i) Kompetensi observer yang melakukan penentuan sampel dan penentuan tingkat serangan atau gejala dari tanaman sampel. Observer yang berpengalaman atau terlatih akan dengan cepat dan mudah menentukan sampel dan melakukan pengamatan yang presisi;
- (ii) Keadaan lingkungan, seperti curah hujan, kelembaban udara, dan suhu. Pengaruh lingkungan bukan saja terhadap kinerja pengamatan tetapi dapat menyebabkan pengamatan tidak presisi, misalnya pada saat pengamatan penyakit bulai pada tanaman jagung yang dilakukan siang hari ketika suhu udara meningkat/tinggi dan kelembaban udara turun drastis, maka hasilnya pengamatan tidak dapat mencerminkan kondisi serangan sesungguhnya. Berbeda ketika dilaksanakan pada pagi hari, di mana gejala awal tampak jelas dan pengamat dapat dengan cepat memprediksi peluang perkembangan penyakitnya;
- (iii) Epidemiologi penyakitnya yaitu apakah bersifat monosiklik atau polisiklik. Pada penyakit yang bersifat polisiklik, maka pengamatan harus lebih seksama mengingat gejala serangan yang ada merupakan “modal” penting bagi infestasi dan penyebaran penyakit dalam antarbagian, antartanaman, bahkan antar pertanaman di lahan berbeda.

Langkah-langkah dan kegiatan dalam program penyusunan pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

- (i) Menggunakan teknik pengacakan yang tidak “memihak” atas sampel yang dipilih, misalnya tidak menentukan sampel tanaman yang dekat dengan tepi jalan atau jalan akses persemaian atau lahan pertanaman. Ukuran sampel harus stabil, pengamatan mudah dilakukan, dan efisien menjadi pertimbangan penting. Data pengamatan nantinya harus mudah diinterpretasi ke unit area, misalnya dari semua tanaman yang diamati dapat mencerminkan tingkat serangan pada area pertanaman dimaksud;
- (ii) Menentukan interval pengambilan sampel harus memperhatikan karakter perkembangan penyakit. Untuk serangan *damping off*, maka pengamatan harus dilakukan paling lama tiap hari, sedangkan untuk serangan hawar daun (yang disebabkan oleh *P. palmivora*) bibit kakao misalnya dapat dilakukan tiap tiga hari atau tiap minggu. Untuk penyakit yang berkembang lambat bisa digunakan interval waktu lebih dari satu minggu;
- (iii) Menentukan ukuran sampel dengan prinsip seoptimal mungkin;
- (iv) Menentukan rancangan pengambilan sampel, yaitu dapat bersifat:
 - (a) Acak sederhana (simple random sampling). Ilustrasi pengacakan dalam penentuan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.
 - (b) Acak berlapis atau bertingkat (stratified random sampling)
- (v) Menentukan rencana operasional atau mekanisme pengamatan sampel.



Gambar 3. Penentuan tanaman sampel dalam pengamatan serangan hama dan penyakit. Bulatan hitam adalah tanaman sampel yang dipilih dianggap mewakili seluruh tanaman dalam satu area pertanaman [24](Sutarman. 2020)

3.5.2 Pengukuran tingkat serangan

Keberhasilan dalam pengendalian hama dan penyakit dimulai dari kemampuan pengelola dalam melakukan pengukuran intensitas serangan hama dan penyakit. Data intensitas serangan digunakan untuk menentukan:

- (i) Luka secara ekonomi yang berarti mengukur dan atau memprediksi nilai ekonomi kehilangan hasil. Dengan memanfaatkan informasi harga komoditas dan data ambang pendapatan, data intensitas serangan dapat digunakan untuk membuat model “peramalan” penyakit yang diturunkan dari model regresi yang menghubungkan antara intensitas serangan dengan panen. Hal ini menjadi penting karena kualitas bibit dan anakan atau tanaman muda di lapang yang ditunjukkan dengan intensitas serangan dapat digunakan dalam memproyeksikan kehilangan hasil dan atau sebagai pertimbangan mitigasi epidemi penyakit. Untuk bidang hama, luka ekonomi dapat diprediksi dari hasil pengukuran ambang luka ekonomi agar memudahkan dalam menentukan ambang ekonomi sebagai tindakan pencegahan;
- (ii) Waktu atau saat aplikasi pestisida dan melaksanakan tindakan pengendalian lainnya;
- (iii) Strategi pengelolaan hama dan penyakit yang di dalamnya mencakup berbagai metode pengendalian penyakit, manipulasi lingkungan, dan tindakan agronomis lainnya.

Ada dua cara yang biasa digunakan dalam menentukan ukuran intensitas serangan penyakit, yaitu:

- (i) Menentukan kejadian penyakit, yaitu suatu cara membandingkan antara jumlah individu buah dan atau bibit yang terserang atau menunjukkan gejala dengan total individu yang diamati; dihitung dengan menggunakan rumus (1):

$$KP = [a/(a+b)] \times 100\% \dots\dots(1)$$

dengan ketentuan: KP = kejadian penyakit, a = jumlah individu benih, kecambah, bibit, atau tanaman muda yang terserang, b= jumlah individu sehat.

Kelemahan cara ini adalah tidak dapat menggambarkan keragaman intensitas gejala serangan atau keparahan penyakit individu atau kelompok dalam populasi tanaman, karena yang terserang parah dan terserang ringan akan

dianggap sama (terserang). Penggunaan cara ini relatif cocok untuk pengamatan *damping off* atau layu kecambah berbagai jenis komoditas baik tanaman pertanian, perkebunan, maupun tanaman kehutanan. Namun demikian dapat digunakan untuk tujuan praktis menentukan ada-tidaknya potensi penyakit pada periode awal penanaman bibit di lapang;

- (ii) Menentukan intensitas gejala serangan atau bisa dikatakan sebagai tingkat keparahan serangan. Cara penentuannya dengan menggunakan rumus (1) yang berdasarkan pada kriteria gejala serangan seperti dicontohkan pada Tabel 2.

Contoh penentuan skor gejala misalnya seperti ditunjukkan pada hasil penelitian Nurudin dan Sutarman (2014) [25], mulai dari yang paling parah dengan hawar memenuhi hampir semua permukaan daun (skor 4), berat atau setengah permukaan daun bergejala hawar (skor 3), gejala sedang (skor 2), dan gejala ringan (skor 1) hingga tanpa gejala (skor 0). Ngkah berikutnya ditentukan indeks penyakit bibit tanaman dengan rumus berikut (2):

$$IP = \sum_{i=1}^{k=n} (ini) / N \cdot k \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

di mana IP adalah indeks penyakit, i = skor bibit dengan kriteria gejala serangannya (Tabel 2), n_i = jumlah bibit dengan kriteria gejala skor i , N = jumlah bibit yang diamati, k = skor tertinggi.

Tabel 2. Skor dan kriteria gejala (Sutarman et al., 2001) yang dimodifikasi [26]

No.	Kriteria gejala hawar daun bibit <i>Pinus merkusii</i>	Skor
1	Sehat, daun tanpagejala infeksi	0
2	Hingga sepertiga tajuk dengan ujung-ujungnya berwarna coklat terinfeksi	1
3	Sepertiga hingga dua pertiga tajuk dengan ujung-ujungnya berwarna coklat terinfeksi atau sepertiga daun-daun tajuk coklat mengering	2
4	Lebih dari dua pertiga tajuk dengan ujung-ujung daun mering atau sepertiga hingga dua pertiga tajuk dengan daun-daunnya mengering	3
5	Lebih dari dua pertiga tajuk dengan daun-daunnya coklat mengering hingga bibit mengalami kematian	4

Pengukuran intensitas serangan hama selalu didukung oleh jumlah populasi hama di persemaian. Dalam penentuan intensitas serangan dapat digunakan referensi seperti tertera pada hasil riset dan rekomendasi lembaga representative. Tingkat kerusakan akan sejalan dengan populasi hama pada saat pengukuran. Oleh karena itu memonitor populasi hama per tanaman, per rumpun, atau per persatuan luasan area tanaman lainnya sangat penting dan datanya dapat digunakan untuk menentukan saat kapan pengendalian dapat dilakukan. Dalam hal ini pengelola dapat membandingkan hasil pengukuran apakah padat populasi sudah mencapai ambang ekonomi hama (AE) ataukah nilainya masih jauh dari AE. Jika jauh di bawah AE, maka perlu dipersiapkan aplikasi pestisida non kimia yang aman bagi aktifitas agensia hayati yang membantu melindungi tanaman.

3.5.3 Pengukuran parameter lingkungan

Ukuran keberhasilan patogen dalam melaksanakan aktivitas hidupnya ditentukan oleh: (i) pra-disposisi tanaman dan tingkat ketahanan tanaman, (ii) keberhasilan patogen melakukan infeksi, yang dilanjutkan dengan penetrasi, invasi, (iii) dan berbagai faktor lingkungan baik abiotik maupun biotik.

Sporulasi, peyebaran, dan infeksi merupakan komponen utama siklus infeksi dalam epidemi. Peningkatan luka infeksi dipengaruhi peningkatan jumlah spora di udara, sehingga dengan populasi rata-rata sporanya di permukaan tanaman mampu menimbulkan infeksi yang sukses. Namun demikian keberhasilan dalam siklus infeksi sangat ditentukan oleh dinamika komponen lingkungan baik biotik maupun abiotik.

Komponen abiotik terutama **suhu dan kelembaban** seringkali menjadi sentral bagi kajian epidemi suatu penyakit. Patogen memerlukan kelembaban dan suhu pada kisaran optimal bagi aktivitas hidupnya dan sangat tergantung pada fase pertumbuhan patogen itu sendiri. Lingkungan biotik juga berperan penting dalam kelangsungan siklus penyakit. Beberapa jenis fungi patogen dapat memanfaatkan tumbuhan liar atau gulma sebagai inang alternatif. Dengan demikian ketika di persemaian berganti jenis bibit tanaman yang diproduksi, maka patogen dapat bertahan hidup dengan menginfeksi bagian tumbuhan liar. Pada saatnya ketika di lokasi persemaian ditumbuhkan inang utamanya, maka infeksi tidak dapat dihindari.

Boleh jadi tumbuhan liar juga sangat cocok bagi patogen seperti halnya tanaman yang dibudidayakan. Di lain pihak patogen yang terdeposit pada bagian daun atau bagian tanaman yang gugur di tanah dapat bertahan dalam waktu yang lama. Oleh karenanya penggunaan tanah lapisan atas yang mengandung serasah yang biasa digunakan dalam pembibitan rawan sebagai sumber inokulum infeksiif patogen berbahaya.

3.5.4 Pemanfaatan informasi epidemiologi

Karakter persemaian dari satu lokasi akan berbeda dibandingkan lokasi lain karena perbedaan: ketinggian tempat (di atas permukaan laut), curah hujan, suhu dan kelembaban rata-rata harian, lama penyinaran, dan kecepatan angin. Persemaian pada dataran tinggi mungkin lebih aman dari gangguan penyakit dibandingkan pada dataran sedang dan rendah, sementara itu tingkat pertumbuhannya lebih rendah pada dataran tinggi dibandingkan dataran sedang dan rendah.

Hasil penelitian yang dipublikasikan Sutarman *dkk.* (2004)[27] memperlihatkan perbedaan lokasi persemaian menunjukkan perbedaan respons bibit terhadap serangan patogen. Bibit *P. merkusii* di persemaian Pongpoklandak (Cianjur, Jawa Barat; 250 m dpl., 26,5 - 30,5 °C, Rh 87-98%) mendapat seranga lebih berat dibandingkan dengan di Gunung Batu (Bogor, Jawa Barat; 480 m dpl., 20-28 °C, Rh 76-94%) dan di Cijambu (Sumedang, Jawa Barat; 1.200 m dpl., 18-26 °C, Rh 76-96%)

Dengan suhu dan kelembaban udara rata-rata harian yang tinggi memberikan kondisi lingkungan yang optimal bagi perkembangan *P. theae* di persemaian pinus. Di daerah Gunung Batu (Bogor) dengan kisaran suhu dan kelembaban nisbi udara rata-rata lebih rendah ternyata perkembangan penyakit jauh lebih lambat dibandingkan dengan di Pongpoklandak (Cianjur). Di Cijambu, Sumedang, dengan suhu dan kelembaban udara rata-rata harian yang lebih rendah ternyata penyakit hawar daun juga tidak berkembang.

Epidemi dan Peramalan Penyakit Persemaian. Model matematika epidemi suatu penyakit menunjukkan fungsi kerja interaksi antara komponen epidemi di suatu area atau lokasi tertentu dengan aktivitas patogen yang dimulai dari suatu infeksi awal dalam kurun waktu tertentu. Menarik untuk disimak hasil penelitian Sutarman *dkk.*, (2004) [27] tersebut secara epidemi menunjukkan adanya pola dinamika komponen cuaca dan kandungan spora di udara dan menghubungkan semua faktor yang

mempengaruhi epidemi sehingga dihasilkan suatu model matematika yang dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan intensitas penyakit pada periode berikutnya. Pada penelitian itu semua variabel diamati tiap hari dan dihitung rata-rata hariannya tiap dua minggu. Variabel yang dimaksud adalah: jumlah konidiospora rata yang tertangkap pada tiap m^2 permukaan gelas *spore trap*, kecepatan angin pada ketinggian 0,5 m dan 2 m, curah hujan, lama penyinaran matahari, kelembaban nisbi udara, suhu udara. Selanjutnya ditentukan alternatif model regresi yang dibangun berdasarkan lama pengamatan, ada tidaknya jeda waktu, dan berapa lama jeda waktu. Dari penelitian ini diperoleh berbagai pilihan model, namun yang digunakan dalam analisis lebih lanjut adalah model hasil pengamatan dua minggu tanpa jeda waktu dengan dinamika berbagai komponen lingkungan

Penerapan model regresi terbaik ini di lapangan akan sangat sulit karena pada umumnya persemaian di Indonesia tidak dilengkapi dengan peralatan pengukur cuaca yang memadai. Dua parameter yang mudah diamati oleh pelaku usaha dan pengelola persemaian adalah suhu dan kelembaban yang harga peralatannya relatif terjangkau; sementara itu lama penyinaran matahari meskipun tidak diperoleh data yang presisi, namun pengelola dan operator persemaian dapat memprediksi berapa lama sinar matahari menyinari pertanaman atau tidak tertutup awan. Dalam penelitian ini ternyata melalui analisis *Stepwise regression* terhadap model regresi terbaik (diperoleh persamaan regresi dengan satu sampai empat variabel terpilih dengan urutan sebagai berikut (Tabel 3): lama penyinaran matahari, curah hujan, kelembaban nisbi udara, dan suhu udara rata-rata harian. Dengan demikian setidaknya pengelola dan operator persemaian dapat memperoleh data yang cukup presisi dari satu alat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban nisbi udara sekaligus dan memprediksi lama penyinaran matahari. Saat ini di beberapa wilayah di Indonesia tersedia informasi cuaca termasuk curah hujan secara *on line*.

Tabel 3. Persamaan regresi Δ Indeks Penyakit yang diturunkan dari model terbaik (M20) yang dapat digunakan untuk pendugaan (Sutarman *dkk.*, 2004)[27]

Persamaan regresi Δ Indeks Penyakit *)
$Y = -1,879 + 0,064 X_5$
$Y = -4,335 + 0,078 X_5 + 0,31 X_4$
$Y = 48,541 + 0,084 X_5 + 0,34 X_4 - 0,56 X_6$
$Y = 104,135 + 0,075 X_5 + 0,40 X_4 - 0,70 X_6 - 1,48 X_7$

*) $Y = \Delta$ Indeks Penyakit, X_4 = jumlah curah hujan rata-rata harian (mm), X_5 = lama penyinaran matahari rata-rata harian (%), X_6 = kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%), X_7 = suhu udara rata-rata harian ($^{\circ}$ C)

Data harian rata-rata dua mingguan dari keempat variabel pengamatan cuaca akan menjadi petunjuk intensitas serangan penyakit di masa berikutnya. Pada periode persemaian di tahun berikutnya misalnya, dengan mengukur intensitas penyakit pada kurun waktu tertentu dan parameter variabel cuaca harian rata-rata dua mingguan, maka dapat diketahui perkiraan intensitas penyakit pada bulan-bulan berikutnya. Dalam hal ini pengelola persemaian dapat menggunakan data lama penyinaran matahari harian rata-rata dua mingguan untuk memprediksi pertumbuhan indeks penyakit pada periode persemaian yang sama. Akurasi prediksi akan semakin tinggi jika pihak pengelola menggunakan variabel data komponen curah hujan dan lama penyinaran harian rata-rata dua mingguan. Akurasi prediksi akan mencapai maksimal jika menggunakan empat macam data cuaca.

3.5.5 Potensi agen biokontrol

Penggunaan sarana rumah kaca tidaklah mampu menihilkan gangguan organisme pengganggu tanaman khususnya patogen penyebab penyakit. Rumah kaca mesti memiliki bagian yang mudah dimasuki inokulum patogen, misalnya saja dinding yang tentunya memiliki bagian yang terbuat dari kaca. Konstruksi dan kelengkapan rumah kaca hanya bisa mencegah masuknya organisme hama, tetapi tidak efektif mencegah introduksi patogen terutama yang bersifat tular udara (*airborne patogen*).

Untuk mengatasi berbagai kelemahan sistem rumah kaca, maka pemanfaatan pestisida nabati dan biopestisida merupakan jawaban yang bijak. Biopestisida atau

pestisida yang bahan aktifnya berupa organisme hidup diharapkan dapat menjadi pengendali efektif bagi patogen dengan berprinsip pada kesesuaian antara daya tekan dan/atau daya bunuh yang kuat dengan patogen yang efektif dapat dikendalikan.

Bahan aktif berupa organisme hidup untuk pengendalian patogen penyebab penyakit tersebut disebut juga agensia hayati pengendali penyakit.

Secara umum taksonomi, ada dua phylum yang biasa digunakan sebagai agensia hayati pengendalia patogen penyebab penyakit yaitu: fungi dan bakteri. Dua jenis ini dipilih sebagai bahan kajian dalam buku ini dengan mempertimbangkan ketersediaan informasi dan penggunaannya relatif mulai banyak dipromosikan oleh para pakar/peneliti bidang penyakit tanaman.

Untuk tujuan pengendalian penyakit tanaman yang memanfaatkan mikroba agens biokontrol, saat ini paling banyak digunakan jenis fungi khususnya *Trichodema*. Meskipun penggunaannya belum meluas, namun baik riset dasar, riset terapan, dan riset pengembangan yang memanfaatkan *Trichoderma* makin berkembang. Saat ini penulis tengah melaksanakan riset yang bersifat terapan dan pada beberapa kasus terkait tuntutan masyarakat, maka pengujian-pengujian juga mengarah pada persiapan untuk riset pengembangan di masa mendatang.

3.6 Aplikasi Teknologi Pengendalian

3.6.1 Pengelolaan benih

Kadar air di udara bisa meningkat di atas keadaan normal sehingga memicu aktivitas selular biji yang ditandai dengan peningkatan laju respirasi atau sel mulai menggunakan cadangan makanannya yang dapat berakibat kerusakan benih. Pemberian abu sekam padi pada benih dapat memperlama umur penyimpanan karena abu dapat berfungsi menyerap kelembaban udara di sekitar benih sehingga daya tumbuh benih dapat terjaga [28].

Untuk menjaga kualitas dapat dilakukan dengan treatment pemanasan, misalnya benih cabe rawit yang diberi perlakuan pemanasan kering (*dry heat treatment*) 70°C selama 72 jam ternyata dapat meningkatkan kecepatan perkecambahan dan vigor kecambah, dan bibit tumbuh lebih tinggi dan jumlah daun bibit lebih banyak [29].

Biji yang akan disimpan dan digunakan sebagai benih haruslah sudah mencapai matang fisiologis. Pada benih tanaman pangan relatif lebih mudah menentukan kelayakan dari aspek kematangannya.

Penggunaan benih berkualitas sangat penting dalam produksi bibit yang berkualitas pula. Benih berkualitas tidak harus impor dan harganya mahal. Pada penyiapan benih bawang merah misalnya, menggunakan alternatif yaitu melalui introduksi teknologi budidaya menggunakan biji botani (*true shallot seed*) yaitu suatu cara membuat dengan menumbuhkan benih hingga muncul banyak anakan dan yang selanjutnya tiap anakan dicabut dijadikan bibit untuk siap ditanan di lapang.

3.6.2 Monitoring

Pengamatan penyakit terutama pada tingkat bibit dan atau anakan baik di persemaian maupun di lapang setidaknya bertumpu pada dua hal yaitu:

- (i) Gejala serangan penyakit, yaitu dengan mengamati: kerusakan tanaman yang ditunjukkan pada gejala, luka tanaman yang menunjukkan tingkat kehilangan hasil sebagai akibat adanya kerusakan. Pengamatan dapat bersifat langsung yaitu dengan mendasarkan pada gejala kerusakan dan kehilangan hasil atau bersifat tidak langsung dengan mendasarkan pada intensitas tanda berupa propagul patogen (misalnya kepadatan spora di udara) dan berbagai data unsur cuaca yang dapat mendukung peningkatan intensitas serangan penyakit;
- (ii) Intensitas serangan dan kejadian penyakit, untuk memastikan bahwa:
 - (a) Serangan penyakit tunggal atau satu jenis penyakit yang menyerang bibit atau anakan. Pada kasus seperti ini relatif tindakan pengendalian lebih fokus pada satu jenis patogen tersebut;
 - (b) Penyebab penyakit lebih dari satu. Dalam hal ini jika salah satu merupakan patogen minor, maka fokus lebih diarahkan pada patogen yang utama. Di lapangan sering dijumpai bahwa pada satu jenis tanaman dapat diserang oleh dua patogen berbahaya, misalnya kasus yang sering terjadi di Batu (Jawa Timur) di mana anakan kentang bukan hanya bergejala penyakit hawar daun (*Phytophthora palmivora*) tetapi juga busuk akar/umbi (*Fusarium oxysporum*). Untuk itu tindakan pengendalian harus fokus pada kedua patogen tersebut.

Monitoring dan seleksi dini. Monitoring terhadap penyakit tanaman sesungguhnya dimulai sejak penyimpanan, pemilihan dan penyiapan benih hingga pasca penanaman bibit di lapang. Semua potensi serangan pada benih harus sudah terdeteksi sejak dini. Pada saat pengecambahan ini periode singkat yang kritis karena patogen damping off biasanya bekerja efektif mulai awal hingga kecambah tumbuh menghasilkan beberapa helai daun sempurna. Adanya gejala awal infeksi patogen *damping off* sudah dapat terdeteksi ketika 3-7 hari penebaran benih. Untuk memastikan benih aman, maka sebelum ditebar perlu dilakukan perlakuan benih (seed tretment) baik berupa fungisida kimia maupun agensi biokontrol dalam bentuk perendaman, *slurry*, atau ditaburkan. Serangan hawar daun dan berbagai serangan patogen dengan gejala nekrosis pasca *damping off* sudah bisa dideteksi pada 1-2 bulan setelah penyapihan. Gejala serangan yang berkategori di atas ringan, sebaiknya diisolasi dan diberi perlakuan khusus misalnya dengan pemotongan atau penyemprotan fungisida. Bila gejala berkategori sedang hingga agak berat, sebaiknya dimusnahkan dengan cara dibakar atau cara lain yang aman.

Semakin tua umur bibit, maka biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan makin tinggi. Oleh karenanya memusnahkan tanaman bahkan dalam bentuk kecambah atau sebelum penyapihan sangat disarankan. Mempertahankan kecambah agar tidak mati meski bergejala cukup serius adalah suatu tindakan yang berdampak meningkatkan kelimpahan propagul infeksiif patogen.

Tindakan monitoring dan seleksi tanaman seharusnya dapat diintegrasikan dengan berbagai aplikasi teknik agronomis termasuk mempertahankan sanitasi persemaian dan lahan pertanaman yang baik.

3.6.3 Sanitasi dan Pemeliharaan Persemaian

Berbagai jenis gulma atau tumbuhan liar di dalam dan di sekitar persemaian harus diwaspadai sebagai sumber inokulum bagi berbagai penyakit yang biasa menyerang mulai dari kecambah hingga bibit atau tanaman muda. Patogen hawar daun pinus yang juga dapat menyerang tanaman teh, ternyata mampu hidup dan menimbulkan gejala serangan pada gulma *Paspalum conjugatum* dan *Ageratum conyzoides* (babadotan) tanpa menurunkan tingkat virulensnya pada bibit pinus.

Dalam proses pemeliharaan persemaian dan isinya juga harus memperhatikan beberapa hal berikut:

- (i) Menciptakan kelancaran drainase dan menghindari adanya genangan air di dalam dan di sekitar persemaian, karena akan menyumbang kelembaban yang tidak diharapkan;
- (ii) Menjamin kecukupan sinar matahari dan pergerakan udara, misalnya dengan memangkas tajuk pohon pelindung; terkait intensitas sinar matahari, maka untuk tanaman yang butuh naungan harus disiapkan paranet dengan pilihan intensitas cahaya yang diinginkan;
- (iii) Menyiapkan tempat penampungan sampah organik yang dilengkapi juga dengan sarana untuk komposting, sehingga tidak ada sampah serasah tanaman yang berserakan di persemaian. Komposting serasah juga dapat dimanfaatkan sebagai komponen media tanam bibit, namun harus dipastikan kompos bebas patogen dan sudah terbentuk sempurna dengan rasio C/N tidak lebih dari 16.
- (iv) Tersedia air baik untuk keperluan penyemprotan maupun untuk pengolahan dalam rangka pengecambahan. Dalam hal ini sangat penting memastikan sumber air aman secara fitopatologis; sebaiknya menggunakan air sumur dan menghindari menggunakan air sungai atau air irigasi karena tidak terjamin bebas patogen berbahaya.

3.6.4 Pengendalian secara budidaya (agronomis)

Beberapa teknik yang digunakan dalam metode pengendalian secara agronomis meliputi:

- (i) Sanitasi, yaitu membebaskan pertanaman dari propagul hama dan patogen yang nantinya berpotensi sebagai sumber infestasi OPT tersebut untuk tumbuh dan berkembang menjadi dengan level populasi atau kepadatan yang membahayakan kehidupan tanaman;
- (ii) Pengaturan pola tanam untuk menciptakan kondisi pertanaman yang kurang disukai atau menghambat penyebaran hama dan pathogen, misalnya dengan melengkai tanaman budidaya dengan taaman perangkap atau tanaman

penyangga bagi OPT. Bentuk polatanam dapat sebagai tumpang sari atau berbagai variasi lainnya,

- (iii) Pengaturan jarak tanam, misalnya dengan tujuan menurunkan kelembaban sehingga menekan pertumbuhan patogen;
- (iv) Aplikasi teknik agronomi yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan dan ketahanan bibit, misalnya dengan pemberian pupuk hayati, pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT), dan pemangkasan;
- (i) Penggunaan varietas tahan dengan ketahanan terhadap cekaman OPT dan/atau ketahanan terhadap cekaman lingkungan abiotik seperti kemasaman tanah, salinitas yang tinggi, dan kekeringan. Karakter tahan yang dimiliki tanaman varietas tertentu yang mekanisme ketahanannya dapat termasuk **ketahanan genetik (bawaan)**, di mana mampu mengembangkan mekanis pertahanannya misalnya dengan kemampuannya meningkatkan aktivitas enzim tertentu yang dapat menghambat patogen misalnya peroksidasi dan polifenoloksidase. Tanaman juga mampu menghasilkan metabolit sekunder berupa fitoaleksin sebagai reaksi pertahanan karena adanya infeksi dan ekspansi patogen. Bentuk ketahanan yang lain adalah **ketahanan semu atau ketahanan ekologis** di mana tanaman menjadi tahan karena adanya dukungan oleh lingkungan tempat tumbuhnya. Bibit tanaman yang tumbuh pada saat suhu dan kelembaban rata-rata udara yang optimal bagi kebutuhannya, maka tanaman tampak tahan terhadap serangan patogen.

3.6.5 Aplikasi biopestisida dan agensia hayati

Pestisida dengan bahan aktif makhluk hidup atau agensia hayati pengendali patogen penyebab penyakit yang sebagian besar sebagai fungi dan bakteri merupakan metode alternatif pengendalian penyakit yang sangat direkomendasikan.

Metode ini idealnya selalu tersedia dan diaplikasikan pada tiap proses penyemaian dan produksi bibit. Keberhasilan penggunaan pengendalian dengan memanfaatkan agensia biokontrol sudah pasti akan meningkatkan efisiensi pemeliharaan dan produksi bibit serta mencegah pencemaran lingkungan persemaian serta mencegah bahaya pemaparan bahan kimia pestisida bagi operator persemaian dan masyarakat luas.

Aplikasi Agensia Hayati. Penulis saat ini sedang mengambil fokus pada kajian penyakit cabe yang relatif baru, misalnya serangan *Fusarium oxysporum* pada tanaman muda dengan gejala serangan berupa busuk pangkal batang. Proses pengujian penghambatan agensia hayati *Trichoderma harzianum* terhadap patogen (*F. oxysporum*) sudah diuji-coba baik secara *in vitro* maupun *in vivo*. Hasil pengujian menunjukkan efektivitas pengendalian oleh agensia hayati terhadap patogen. Saat ini masih terus dikembangkan pengujiannya hingga dihasilkan teknologi aplikasi pengendalian yang murah dan aman tapi efektif. Diharapkan keberhasilan ini akan menjadi pendorong bertumbuh-kembangnya teknologi pengendalian berbasis pemanfaatan agensia hayati pada berbagai tanaman pertanian lainnya baik jenis-jenis sayuran maupun tanaman pangan. Kombinasi agen hayati biocontrol terbukti efektif mengendalikan serangan *Fusarium* pada tajuk dan akar sebagai penyebab busuk [30].

Pengujian *Trichoderma* untuk mengendalikan patogen penyebab hawar un bibit kakao (*Phytophthora palmivora*) baik *in vitro* [25] dan *in vivo* juga sudah dilakukan. Penyakit ini sangat merusak dan gejala hawar bisa berkembang cepat yang sejak gejala awal berupa nekrosis kecil hingga menimbulkan hawar daun total dalam waktu 2-3 minggu.

Aplikasi agensia hayati dilakukan sedikitnya melalui tiga cara, yaitu:

- (i) Mencampuri benih yang akan dikecambahkan dengan agensia hayati yang sudah terformulasi (biasanya dalam bentuk tepung); dalam hal formula padatan/tepung mungkin perlu dicampur dengan air destilat atau air steril yang murni agar tepung menjadi basah dan benih terlumuri propagul agensia hayati secara merata. Actinobateri endofitik misalnya berpotensi untuk digunakan mengingat kemampuannya menginduksi senyawa pendorong pertumbuhan tanaman [31] termasuk kecambah. Saat benih berkecambah, maka calon akar dan batang (termasuk kotiledon) sudah “terinfestasi” oleh propagul agensia hayati yang memberikan perlindungan terhadap serangan awal patogen. Implementasi cara ini belum banyak berkembang karena masih dalam taraf penelitian;
- (ii) Menyemprotkan propagul agensia hayati yang diformulasi secara cair; dalam hal ini formula diencerkan dan disemprotkan ke permukaan daun. Cara aplikasi ini seperti yang dilakukan dalam praktek aplikasi pestisida kimia di

lahan pertanian. Aplikasi bakteri entomopatogen sangat tepat dilakukan pada saat ini untuk melindungi gangguan hama tertentu seperti yang diperlihatkan efeknya oleh *Brevibacillus laterosporus* untuk mengedalikan ulat penggulung daun [32]. Sementara itu endofitik dari jenis fungi dilaporkan selain efektif membunuh hama juga menghasilkan senyawa pengatur pertumbuhan [33] yang memberi perlindungan kesehatan dan produktivitas tanaman;

- (iii) Memberikan formula agensia hayati dalam bentuk padatan ke dalam tanah seperti cara pemupukan. Bisa juga diberikan pada saat pengolahan tanah [34-35], sehingga propagul mikroba tersebar merata di dalam tanah agar efektif melindungi perkaratan dari serangan penyakit. Inokulasi benih dengan propagule ektomikoriza sangat direkomendasikan untuk proses perkecambahan benih tanaman keras karena selain dapat membantu pertumbuhan tanaman juga melindungi kecambah dari patogen [36].

Fungi *Trichoderma*. Penampilan morfologi beberapa spesies *Trichoderma* yang sering dimanfaatkan dalam pengendalian penyakit dan juga dapat berperan sebagai biofertilizer ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada media buatan (PDA) koloni Fungi *Trichoderma* berwarna putih dan memproduksi sejumlah spora (konidia) dengan warna hijau. Laju pertumbuhan koloni relatif cepat dan pada ujung-ujung anyaman hifa akan menghasilkan spora berdinding sel tebal (klamidospora).



Gambar 3. *Trichoderma harzianum* yang diisolasi dari tanah di bawah tegakan *Pinus merkusii* (Foto: koleksi Sutarman, 2016)[38]

Secara ekologi peran *Trichoderma* adalah [39-40]: (i) sebagai mikoparasit terhadap fungi patogen, (ii) sebagai kompetitor efektif terhadap mikroba tanah lainnya, dan (iii) menghasilkan berbagai metabolit yang berperan sebagai fitohormon bagi pertumbuhan tumbuhan. Dengan demikian *Trichoderma* berperan sebagai pupuk hayati [41].

Pertumbuhan tanaman yang baik sudah tentu akan menjamin kesehatan dan ketahanan tanaman dalam menghadapi gangguan patogen dan cekaman lingkungan lainnya.

Selain menghasilkan antibiotik dan toksin [42] yang dapat menghambat bakteri serta menghasilkan siderophores, dan senyawa pengatur tumbuh, juga berbagai metabolit spesifik dan berbagai enzim, yaitu: (i) selulase, hemiselulase, protease, dan β -1,3-glukanase; enzim hidrolitik serta karbon dan nitrogen permeases; (iii) kitinase dan β -1,3 glukanases yang membuatnya memiliki kemampuan mikoparasit; (iv) enzim peroksidase, polifenol oksidase dan superoksida dismutase [43]; dan (v) enzim kitinase dan peroksidase, askorbat peroksidase, guaiacol peroksidase, superoksida dismutase, dan katalase [44].

Trichoderma sp. Tri-1 yang diisolasi dari rizosfer akar kanola (*Brassica napus* L., cv. Zhogsuang 9) ternyata mampu mendegradasi propagul fungi patogen atau sklerotia *S. sclerotiorum* di samping serasah bahan organik sisa panen [45].

Peran Fungi *Trichoderma* dalam sebagai agen biokontrol dilakukan dengan melaksanakan mekanisme sebagai berikut [46]:

- (i) Kolonisasi akar oleh *Trichoderma* spp. juga yang secara bersamaan menghasilkan berbagai metabolit di antaranya senyawa pengatur tumbuh yang berakibat adanya peningkatan tanaman dan ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik [47];
- (ii) Mendegrasi bahan organik yang diberikan pada media tanam atau di sekitar rhizosfer yang tidak saja berdampak positif bagi perkembangan populasi *Trichoderma* tapi juga menyumbangkan nutrisi bagi tanaman sehingga tanaman menjadi sehat [48];
- (iii) Mengembangkan kemampuannya dalam berkompetisi, memparasit dan menghambat fungi pathogen [21], bahkan dapat mencegah perkembangan resistensi patogen terhadap fungsida.

Pada berbagai penelitian aplikasi *Trichoderma* akan meningkatkan efisiensi biaya usaha tani. Pemanfaatan *Trichoderma* sebagai biofungisida dapat mengurangi penggunaan fungisida yang sejauh ini merupakan metode utama pengendalian penyakit secara signifikan [49].

3.6.6 Aplikasi mikroba efektif peningkatan performa bibit

Istilah mikroba efektif biasanya dinyatakan untuk jenis-jenis mikroba baik fungi maupun bakteri yang aktivitasnya berperan secara efektif membantu tanaman. Aktivitas mikroba yang dimaksud adalah yang berkaitan dengan kemampuan sebagai antagonis bagi patogen maupun yang mampu meningkatkan kesehatan tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman patogen dan cekaman lingkungan. Aktivitas *Trichoderma* sebagai jamur agen hayati ternyata juga dapat mendukung kehidupan mikroorganisme lain yang menguntungkan tanaman [50].

Berbagai mikroba yang termasuk dalam kategori antagonis (selain *Trichoderma*) adalah mikroba-mikroba yang mampu menghasilkan senyawa ekstraselular atau metabolit yang bersifat antibiotik terhadap patogen.

Beberapa mikroba antagonis masing-masing menghasilkan metabolit yang khas dan menekan patogen berbahaya dan paling umum di lahan pertanian, di antaranya adalah sebagai berikut:

- (i) *Pseudomonas* dari jenis-jenis fluorescent mampu menghasilkan antibiotik *phenazine* yang efektif mengendalikan berbagai penyakit pada gandum;
- (ii) Fungi *Chaetomium globosum* menghasilkan *cochlidinol* yang dapat menekan hawar kecambah jagung oleh *Fusarium*;
- (iii) *Myrothecium verrucaria* dan *Gliocladium virens* menghasilkan *verrucarin* dan *glycoviren* yang mampu menekan *R. solani* dan *Pythium ultimum* penyebab *damping off* dan busuk pada berbagai tanaman pertanian.

Beberapa bukti hasil pengujian aplikasi *Trichoderma* memperlihatkan kemampuannya mengendalikan berbagai patogen pada bibit dan tanaman muda seperti: *Phytophthora palmivora* penyebab meliputi hawar daun bibit kakao [51]. *Colletotrichum* spp. yang menginfeksi daun tanaman muda yang kemudian menyebabkan antraknose cabe kriting [52], *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang tanaman muda cabe merah [53], *Pestalotia theae* yang

menyebabkan hawar bibit pinus dan daun tanaman muda teh [54-55], dan batang jeruk [56].

Mikroba biofertilizer menunjukkan pada kemampuannya menghasilkan senyawa hasil dekomposisi bahan organik dalam bentuk nutrisi dan senyawa yang berperan sebagai *fitohormon* atau pengatur pertumbuhan tanaman.

Selain *Trichoderma* telah banyak jenis-jenis fungi dan bakteri yang dimanfaatkan sebagai biofertilizer (pupuk hayati) yang berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap gangguan patogen, di antaranya menghambat *Ralstonia solani* dan tanaman sekerabatnya seperti tomat dan kentang [57]

Berbagai bakteri fiksator nitrogen dari udara baik yang bersimbiosis dalam akar tanaman maupun yang berkehidupan bebas telah banyak dimanfaatkan sebagai biofertilizer. Bakteri berkehidupan bebas fiksator N menggunakan unsur yang mendominasi udara bagi dalam membangun biomassa tubuhnya dalam bentuk persenyawaan makromolekulnya adalah protein. Umur bakteri hanyalah singkat; maka ketika mati biomasanya akan mengalami dekomposisi baik secara kimia maupun biologi di dalam tanah dan diujung proses akan dihasilkan nutrisi yang bermanfaat bagi tanaman. Kinerja fungi agen hayati yang demikian memainkan peran penting sebagai biofertilizer yang dapat membantu pertumbuhan bibit dan tanaman muda hingga fase generatif berbagai tanaman seperti bibit manga [58], kentang [59-60], bibit cengkeh [61], dan bibit jahe merah [62].

Agensia biofertilizer dalam teknik aplikasinya biasanya diformulasi dalam bentuk padatan dengan bahan pembawa atau *carrier*-nya bisa berbentuk kompos yang sudah matang sempurna, teung kompos, dan tepung sekam.

3.6.7 Aplikasi Pestisida Nabati

Pestisida nabati disebut juga pestisida organik karena merupakan senyawa organik yang beradal dari bagian tubuh tanaman. Beberapa bahan yang sudah lama dikenal dan sering digunakan oleh petani adalah: ekstrak nikotin dari tanaman *Nicotiana tabacum* (sebagai insektisida), pyrethrum dari tanaman *Chrysanthemum cinerariifolium* dan *C. roseum* (insektisida), rotenon dari tanaman *Derris elliptica* (insektisida), redsquill dari tanaman *Urgenia maritima* (rodentisida).

Beberapa ekstrak tanaman hortikultur itu sendiri mulai digunakan sebagai pestisida nabati seperti; ekstrak bawang merah, ekstrak mindi, ekstrak papaitan yang terbukti efektif mengendalikan beberapa hama dan penyakit di persemaian. Kombinasi dengan bahan lain yang bersifat dapat mengatasi hambatan jatuh dan melekat bahan secara merata dari korotan yang melekat di permukaan daun tanaman misalnya, digunakan detergent dan bahan lainnya.

Kelemahan pestisida nabati adalah tidak dapat bertahan lama disimpan. Semakin lama disimpan, maka akan terjadi perubahan kimia yang akan menurunkan daya tekan terhadap hama dan pathogen penyebab penyakit tanaman.

3.6.8 Aplikasi pestisida sintesis toksik

Pengendalian hama dan penyakit menggunakan bahan kimiawi yang kita kenal selama ini adalah menggunakan bahan kimia sintesis toksik dalam mengendalikan hama agar hama dan penyakit.

Berbagai hasil riset menunjukkan bahwa pengendalian kimiawi seringkali tidak efektif karena menimbulkan resistensi, mengganggu organisme lain bukan sasaran bahkan mengeliminasi agensia hayati di pertanaman dan lingkungan sekitarnya, bahkan menimbulkan keracunan dan gangguan kesehatan bagi operator dan masyarakat di sekitarnya.

Pada kenyataannya ketika terjadi *out break* serangan hama dan penyakit, ancaman kerusakan tidak bisa dihindari kecuali menggunakan bahan kimia sintesis toksis. Oleh karenanya pestisida kimia dapat dipertimbangkan dalam perencanaan pengelolaan pertanaman dan dapat direalisasikan apabila populasi hama berada mendekati Ambang Ekonomi hama dan serangan penyakit. Dalam hal ini sangat tidak direkomendasikan aplikasi pestisida kimia secara terjadwal tanpa melihat atau melakukan monitoring yang mengukur tingkat kepadatan populasi hama dan intensitas gejala serangan di persemaian dan di awal pertanaman muda. Pada serangan kutu yang massif pada tanaman, maka aplikasi insektisida tidak bisa dihindari pada periode tertentu. Aplikasi insektisida sistemik merupakan salah satu alternatif terbaik untuk mengatasi kutu seperti kutu putih (*Bemisia tabaci*) pada tomat [63] (Mao et al., 2022).

Untuk itu sangat penting bagi operator, pengamatan hama dan penyakit, serta dan peneliti pemula dalam memahami jenis, formula, dan berbagai karakteristik

pestisida kimia sintetik toksik lainnya Dengan memahami berbagai karakteristik pestisida tersebut, maka pelaku dapat menyusun strategi dan perencanaan yang baik terkait aplikasi pestisida, yaitu:

- (i) Pestisida digunakan berdasarkan hasil monitoring yang menghasilkan data valid tentang kepadatan populasi hama dan intensitas gejala serangan penyakit;
- (ii) Memilih jenis pestisida sesuai hama dan paenyakit yang menyerang;
- (iii) Memilih jenis pesisida yang memiliki karakteristik yang sesu sejalan dengan tipe serangan hama dan penyakit. Ulat yang masuk kedalam batang dan penggerek daun mungkin efektif bila diberikan pestisida sistemik;
- (iv) Kondisi lingkungan seperti angin dan curah hujan menjadi pertimbangan apakah perlu memilih pestisida formula debu atau tepung yang dilarutkan atau berbentuk emulsi (EC). Sering hujan mungkin diperlukan formula EC yang disemprotkan. Namun demikian sangat tiak direkomendasikan penyemprotan dilakukan sesaat menjelang hujan yang akan mengancam hilangnya bahan aktif dari permukaan tanaman;
- (v) Menghindari ketergantungan pada satu jenis pestisida yang akan mempercepat terjadi resistensi hama dan pathogen penyakit terhadap jenis pestisida yang diaplikasikan;
- (vi) Pestisida harus dipastikan hanya digunakan apabila cara lain (non kimia) meski dipadukan tidak efektif ketika terjadi ancaman leakan hama. Pada kondisi serangan ringan sebaiknya diutamakan penggunaan bahan non kimia sintesis toksik;
- (vii) Harus diperlakukan sama juga dengan pestisida sintesis toksis ini adalah pestisida anorganik yaitu pestisida bahan kimia bukan sintesis, contohnya : tembaga oksiklorida dan bubuk bourdouks (tembaga-sulfur) sebagai fungisida, zinkfosfid dan sulfida oksida untuk roentisida, timbale arsenat dan kalsium arsenat sebagai insektisida. Semua senyawa ini sangat berbahaya bagi manusia;
- (viii) Mempertimbangkan penentuan **dosis dan konsentrasi yang tepat**. Dalam penggunaan pestisida harus hati-hati dan selalu memperhatikan rekomendasi penggunaannya terutama terkait dengan dosis dan konsentrasi.

Kekurangan dosis dan konsentrasi dapat berakibat tidak efektif dan memunculkan resistensi. Seentara itu kelebihan dosis dan konsentrasi dapat berdampak pada peracunan lingkungan dan produk.

Aplikasi pestisida pada persemaian hortikultur dapat dilakukan dengan cara:

- (i) penyemprotan dengan bantuan beberapa alat seperti mist blower, hand sprayer, ULV-fogger, dan dengan batuan drone, (ii) membenamkan ke dalam tanah, (iii) perendaman benih dan perakaran bibit dalam pestisida (cair dan debu) menjelang pemindahan (*overspin*) dari bak perkecambahan ke persemaian sebagai seed treatment terutama bagi benih tradisional yang belum diberi perlakuan pestisida sebelumnya, dan (iv) pemberian umpan atau penarik alihan perhatian hama, termasuk cara ini adalah penanaman tanaman bunga di sekeliling persemaian dan pertanaman untuk menghindari masuk dan infestasi hama serta serangan pathogen di persemaian dan tanaman muda.

3.6.9 *Pengintegrasian pengelolaan penyakit*

Pengelolaan penyakit terpadu (PPT) adalah suatu sistem dan atau serangkaian pengelolaan sumberdaya produksi tanaman yang bertujuan mengendalikan aktivitas patogen penyebab penyakit melalui pemanfaatan semua cara-cara/metode pengendalian yang memungkinkan untuk diaplikasikan secara terpadu. Beberapa metode yang tersedia dapat diaplikasi seluruhnya, sebagian, atau sejumlah tertentu saja sesuai kebutuhan dan kondisi di lahan (pertanaman).

Dalam tiap tindakan pengendalian biasanya pestisida selalu digunakan. Namun demikian harus menjadi pertimbangan ketika akan memilih aplikasi pestisida kimia sebagai metode pengendalian penyakit, adalah dampak negatifnya yaitu:

- (i) Potensi terganggunya agroekosistem dan ekosistem skala lebih luas yang melingkupnya;
- (ii) Ancaman rusaknya sumber plasmanutfah, misalnya tercekamnya kehidupan mikroba efektif di dalam tanah;
- (iii) Potensi ancaman munculnya resistensi organisme OPT terhadap bahan aktif insektisida, fungisida, dan pestisida kimia lainnya;
- (iv) Peracunan dan terjadinya degradasi kesuburan tanah;

- (v) Menurunnya efisiensi dalam usaha budidaya tanaman, mengingat harga pestisida relatif mahal.

Dasar pertimbangan dalam penentuan Program pengendalian penyakit benih dan bibit adalah:

- (i) Karakteristik agroekosistem, dalam hal ini menghindari penggunaan kimia pada lahan dengan tingkat kesuburan dan tingkat kesehatan yang baik;
- (ii) Informasi yang memadai tentang jenis-jenis gangguan dan OPT baik yang indigenus biasa menyerang di lahan maupun riwayat gangguan OPT di sekitar lahan pertanaman;
- (iii) Jenis benih atau bibit tanaman yang akan dibudidayakan serta karakteristiknya. Jika bisa dilakukan tanpa aplikasi pestisida, maka pembinaan bibit bisa hanya mengandalkan monitoring dan seleksi bibit yang sehat atau memusnahkan bibit sakit;
- (iv) Sumberdaya produksi yang dimiliki. Termasuk di antaranya ketersediaan alat aplikasi pestisida yang sesuai, alat pengukur suhu dan kelembaban udara, mungkin juga alat penangkap spora. Ketersediaan agensia hayati yang sudah terformulasi dan siap aplikasi, adanya tanaman pelindung atau penyangga persemaian, dan pupuk hayati (biofertilizer) juga perlu dipertimbangkan menjadi bagian dari pengelolaan persemaian dan pertanaman [64-65]. Inovasi yang ditunjukkan dari hasil suatu riset yaitu suatu produk yang berbasis intensitas CO₂ yang tinggi yang diformula sebagai *carbon dots* (CDs) dengan ukuran kurang dari 5 nanometer terbukti efektif meningkatkan aktifitas enzim RuBisCO yang berefek pada peningkatan pertumbuhan tanaman sekaligus meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit [66]. Inovasi lain adalah pemberian etilen pada kecambah mencegah pemanjangan hipokotil kecambah yang abnormal [67] akibat suhu tinggi yang biasa terjadi di persemaian;
- (v) Anggaran biaya usaha dan proyeksi program pengendalian;
- (vi) Kemampuan teknis (metode dan penguasaannya);
- (vii) Sumberdaya manusia pelaksana program yang sebaiknya harus terlatih atau memiliki pengetahuan praktis yang cukup tentang pengendalian penyakit di persemaian atau pertanaman.

Beberapa komponen PPT yang penting dan paling sering diimplementasikan baik sebagian atau seluruhnya adalah:

- (i) Metode pengendalian secara budidaya (agronomis);
- (ii) Metode pengendalian menggunakan varietas tahan;
- (iii) Metode pengendalian dengan peraturan;
- (iv) Metode aplikasi biopestisida;
- (v) Monitoring dan seleksi tanaman;

Pengendalian dengan peraturan. Metode pengendalian melalui penerapan peraturan dapat menyempurnakan egrasi pengendalian yang bertujuan mencegah masuk dan menjalarnya patogen tertentu ke dalam pertanaman yang dibudidayakan dari daerah/wilayah negara lain di mana benih atau bibit didatangkan. Cara seperti ini sangat umum dilakukan hampir semua negara di dunia oleh masing-masing institusi karantina tanaman.

Setiap barang atau benda yang terbuat dari bahan tanaman atau tanamannya (termasuk biji, benih, bibit) baik yang masuk maupun yang keluar di suatu negara harus mendapat sertifikat fitosanitari setelah melalui pemeriksaan oleh stasiun karantina setempat. Untuk memastikan negara aman dari ancaman patogen, maka terkadang diperlukan embargo yaitu larangan sama sekali keluar masuknya sesuatu benda/barang tertentu dari daerah atau Negara.

4 KESIMPULAN

Potensi gangguan organisme hama dan patogen penyebab penyakit pada fase awal proses produksi tanaman hortikultur sejak benih, perkecambahan, hingga bibit di persamaian dan tanaman muda yang senantiasa tinggi. Saat ini tersedia berbagai metode pengendalian yang dapat diintegrasikan dalam pengelolaan hama dan penyakit tanaman hortikultur yang efisien, efektif, dan ramah lingkungan. Prioritas dalam pengelolaan adalah menggunakan segenap sumberdaya pengendalian yang tidak mengandung bahan kimia toksik yang berbahaya bagi keberlangsungan hidup agensia hayati, keseimbangan ekosistem yang kondusif bagi kelestarian produksi pertanian, dan kesehatan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kompasiana.com. 2018. Menjadikan Indonesia Pusat Pangan Dunia 2045. <https://www.kompasiana.com/zazatantu/5b7eca82bde57576a0415042/menjadikan-indonesia-pusat-pangan-dunia-2045?page=all#section1>. Diakses 1 Juli 2021
- [2] Kumparan Bisnis. 2021. Tahu, Tempe, hingga Cabe Rawit Jadi Penyumbang Inflasi Januari 2021 <https://kumparan.com/kumparanbisnis/tahu-tempe-hingga-cabe-rawit-jadi-penyumbang-inflasi-januari-2021-1v5gMuKWj0t/2>. Diakses 15 Maret 2021.
- [3] Chechi, A., Stahlecker, J., Dowling, M. E. & Schnabel, G., 2019. Diversity in species composition and fungicide resistance profiles in *Colletotrichum* isolates from apples. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **158**: 18–24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357519300689>.
- [4] Alberto, C., Gava, T. & Pinto, J.M., 2016. Biocontrol of melon wilt caused by *Fusarium oxysporum* Schlect f.sp. Melonis using seed treatment with *Trichoderma* spp. and liquid compost *Biological Control*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.010>.
- [5] Van Bruggen, A.H.C., He, M.M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K.C., Finckh, M.R. & Morris, J.G., Jr., 2018. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Sci. Total Environ.* **616**: pp.255–268. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.309.
- [6] Jallow, M.F.A., Awadh, D.G., Albaho, M.S., Devi, V.Y. & Thomas, B.M., 2017. Pesticide knowledge and safety practices among farm workers in Kuwait: results of a survey. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* **14** (4), p.340.
- [7] Li, M., Ma, G., Lian, H., Su, X., Tian, Y., Huang, W., Mei, J. & Jiang, X. 2019. The effects of *Trichoderma* on preventing cucumber fusarium wilt and regulating cucumber physiology. *Journal of Integrative Agriculture*, **18**(3), 607–617. doi:10.1016/s2095-3119(18)62057-x
- [8] Yuan, X., Hong, S., Xiong, W., Raza, W., Shen, Z., Wang, B., Li, R., Ruan, Y., Shen, Q. & Dini-Andreote, F. 2021. Development of fungal-mediated soil suppressiveness against *Fusarium* wilt disease via plant residue manipulation. *Microbiome*. **9**: 200. doi: [10.1186/s40168-021-01133-7](https://doi.org/10.1186/s40168-021-01133-7)
- [9] Ciacka, K., Staszek, P., Sobczynska, K., Krasuska, U. & Gniazdowska, A. 2022. Nitric oxide in seed biology. *Int J Mol Sci.* **23**(23):14951. doi: 10.3390/ijms232314951
- [10] Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C.H., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E.A., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Stark, J.D., Tapparo, A., Van Dyck, H., Van Praagh, J., Van der Sluijs, J.P., Whitehorn, P.R. & Wiemers, M. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut Res Int.* **22**(1):5-34. doi: 10.1007/s11356-014-3470-y
- [11] Ajermoun, N., Lahrich, S., Bouarab, L., Bakasse, M., Saqrane, S. & El Mhammedi, M.A. 2020. Physiological effects of thiamethoxam on Zea

- mays and its electrochemical detection using a silver electrode. *J Sci Food Agric.* **100**(5):2090-2098. doi: 10.1002/jsfa.10232
- [12] Ajermoun, N., Aghris, S., Ettadili, F., Tahiri Alaoui, O., Laghrib, F., Farahi, A., Lahrich, S., Bakasse, M., Saqrane, S. & El Mhammedi, M.A. 2022. Phytotoxic effect of the insecticide imidacloprid in *Phaseolus vulgaris* L. plant and evaluation of its bioaccumulation and translocation by electrochemical methods. *Environ Res.* **214**(Pt 1):113794. doi: 10.1016/j.envres.2022.113794
- [13] Vandana, U.K., Rajkumari, J., Singha, L.P., Satish, L., Alavilli, H., Sudheer, P.D.V.N., Chauhan, S., Ratnala, R., Satturu, V., Mazumder, P.B. & Pandey, P. 2021. The endophytic microbiome as a hotspot of synergistic interactions, with prospects of plant growth promotion. *Biology (Basel)* **10**(2):101. doi: 10.3390/biology10020101.PMID: 33535706
- [14] Mathur, P., Chaturvedi, P., Sharma, C. & Bhatnagar, P. 2022. Improved seed germination and plant growth mediated by compounds synthesized by endophytic *Aspergillus niger* (isolate 29) isolated from *Albizia lebbek* (L.) Benth. *3 Biotech.* **12**(10):271. doi: 10.1007/s13205-022-03332-x
- [15] Jaber, L.R. 2018. Seed inoculation with endophytic fungal entomopathogens promotes plant growth and reduces crown and root rot (CRR) caused by *Fusarium culmorum* in wheat. *Planta.* **248**(6):1525-1535. doi: 10.1007/s00425-018-2991-x
- [16] Stelinski, L.L. 2019. Ecological aspects of the vector-borne bacterial disease, citrus greening (Huanglongbing): Dispersal and host use by asian citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *Insects.* **10**(7):208. doi: 10.3390/insects10070208
- [17] Zhang, S., Griffiths, J.S., Marchand, G., Bernards, M.A. & Wang, A. 2022. Tomato brown rugose fruit virus: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide. *Mol Plant Pathol.* **23**(9):1262-1277. doi: 10.1111/mpp.13229
- [18] Huan-Yu Chen, Chun-Chi Lin, Chih-Wei Wang, Nai-Chun Lin. 2021. First report of *Agrobacterium tumefaciens* causing crown gall disease of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Taiwan. *Plant Dis.* doi: 10.1094/PDIS-05-21-1007-PDN
- [19] Anonim. 2012. <https://mgmpagrominapacitan.wordpress.com/2012/06/08/pengertian-biji-benih-dan-bibit/>. Diakses 7 Maret 2017.
- [20] Sutarman. 2017. Pengendalian Penyakit Benih dan Bibit. Umsida Press. Sidoarjo
- [21] Sutarman, Hadi, S., Suryani, A., Achmad, Saefuddin, A. 2004. Patogenesis hawar daun bibit *Pinus Merkusii* yang disebabkan oleh *Pestalotia theae* di pesemaian. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* **4** (1), 32-41
- [22] Lior Gur, Yigal Cohen, Omer Frenkel, Ron Schweitzer, Meir Shlissel, Moshe Reuveni. 2022. Mixtures of Macro and Micronutrients Control Grape Powdery Mildew and Alter Berry Metabolites. *Plants (Basel)* **11**(7):978. doi: 10.3390/plants11070978

- [23] Sutarman. 2018. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai pengendali *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Agritech*: **19** (2): 144-155
- [24] Sutarman, Prihatiningrum, A.E., Miftahurrohmat, A. 2021. Pengelolaan penyakit tanaman terpadu. Umsida Press. Sidoarjo. <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/view/978-623-6833-08-7>
- [25] Nurudin MJ dan Sutarman. 2014. Potensi *Trichoderma* sp sebagai pengendali *Phytophthora palmivora* penyebab hawar daun bibit kakao. *J Nabatia* 11 (1): 21-28
- [26] Sutarman, Achmad, Hadi, S. 2001. Penyakit hawar daun jarum bibit *Pinus merkusii* di persemaian (needles blight disease of *Pinus merkusii* seedlings on nursery). *Agritek* **9** (4), 1419-1427
- [27] Sutarman, Saefuddin, A. Achmad. 2004. Epidemiology of needle blight on *Pinus merkusii* seedlings incited by *Pestalotia theae*. *J. Manaj. Hutan Trop.* **10**, 1-10
- [28] Rahardjo P. 2012. Pengaruh pemberian abu sekam padi sebagai bahan desikan pada penyimpanan benih terhadap daya tumbuh dan pertumbuhan bibit kakao. *Pelita Perkebunan* 28(2): 91-99
- [29] Raka GN, Astiningsih AAM, Nyana IDN, dan Siadi IK. 2012. Pengaruh Dry Heat Treatment Terhadap Daya Simpan Benih Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L.). *J. Agric. Sci. and Biotechnol.* 1 (1): 1-11
- [30] Xinyue Cai, Honghai Zhao, Chen Liang, Min Li, Runjin Liu. 2021. Effects and Mechanisms of Symbiotic Microbial Combination Agents to Control Tomato *Fusarium* Crown and Root Rot Disease. *Front Microbiol.* 12:629793. doi: 10.3389/fmicb.2021.629793
- [31] Tamkeen Zahra, Javad Hamed, Kazem Mahdigholi. 2020. Endophytic actinobacteria of a halophytic desert plant *Pteropyrum olivieri*: promising growth enhancers of sunflower. *3 Biotech.* 2020 Dec;10(12):514. doi: 10.1007/s13205-020-02507-8
- [32] Khadija Javed, Talha Humayun, Ayesha Humayun, Shahida Shaheen, Yong Wang, Humayun Javed. 2022. Biocontrol Potential of PeBL2, a Novel Entomopathogenic Bacterium from *Brevibacillus laterosporus* A60, Induces Systemic Resistance against Rice Leaf Folder *Cnaphalocrocis exigua* (Butler) in Rice (*Oryza sativa* L.). *Plants (Basel)* 11(23):3350. doi: 10.3390/plants11233350
- [33] Bamisope Steve Bamisile, Chandra Kanta Dash, Komivi Senyo Akutse, Ravindran Keppanan, Oluwatoyin Grace Afolabi, Mubasher Hussain, Muhammad Qasim, Liande Wang. 2018. Prospects of endophytic fungal entomopathogens as biocontrol and plant growth promoting agents: An insight on how artificial inoculation methods affect endophytic colonization of host plants. *Microbiol Res.* **217**:34-50. doi: 10.1016/j.micres.2018.08.016

- [34] Sutarman, & Miftahurrohmat, A. 2018. The morphological response of the soybean growth (*Glycine max* (L)) until vegetative stage 3 on various intensities of light. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **420** 012069. DOI 10.1088/1757-899X/420/1/012069
- [35] Sutarman & Miftahurrohmat, A. 2021. The vegetative growth response of detam soybean varieties towards *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp. applications as bio-fertilizer. *E3S Web of Conferences* **232**, 03024. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123203024>
- [36] Seema R Bajaj, Sandesh J Marathe, Tine Grebenc, Alessandra Zambonelli, Salem Shamekh. 2021. First report of European truffle ectomycorrhiza in the semi-arid climate of Saudi Arabia. *Biotech.* **11**(1):24. doi: 10.1007/s13205-020-02559-w
- [37] Vandana UK, Rajkumari J, Singha LP, Satish L, Alavilli H, Sudheer PDVN, Chauhan S, Ratnala R, Satturu V, Mazumder PB, Pandey P. 2021. The Endophytic Microbiome as a Hotspot of Synergistic Interactions, with Prospects of Plant Growth Promotion. *Biology (Basel)* **10**(2):101. doi: 10.3390/biology10020101.PMID: 33535706
- [38] Sutarman. 2016. Biofertilizer fungi *Trichoderma* & *Mikoriza*. Umsida Press. Sidoarjo
- [39] Sutarman, Maharani, N.P., Wachid, A., Abror, M., Al Machfud, & Miftahurrohmat, A. 2019. Effect of ectomycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* on the clove (*Syzygium aromaticum* L.) seedlings performances. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1232** 01202. doi:10.1088/1742-6596/1232/1/012022
- [40] Wachid, A. & Sutarman. 2019. Inhibitory power test of two *Trichoderma* isolates in in vitro way against *Fusarium oxysporum* the cause of red chilli stem rot. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1232** 012020 DOI 10.1088/1742-6596/1232/1/012020
- [41] Buysens C, César V, Ferrais F, De Boulois HD & Declerck S. 2016. Inoculation of *Medicago sativa* cover crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* increases the yield of subsequently-grown potato under low nutrient conditions. *Applied Soil Ecology* **105**,137–143
- [42] Youssef SA, Tartoura KA & Abdelraouf GA. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. *Biological Control* **100**, 79–86
- [43] Chowdappa P, Kumar SPM, Lakshmi MJ & Upreti KK. 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol. Control* **65**, 109–117
- [44] Hu X, Roberts DP, Xie L, Yu C, Li Y, Qin L, Hu L, Zhang Y & Liao X. 2016. Use of formulated *Trichoderma* sp. Tri-1 in combination with reduced rates of chemical pesticide for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. *Crop Protection* **79**, 124-127

- [45] Hu X, Roberts DP, Xie L, Maul JE, Yu C, Li Y, Zhang Y, Qin L & Liao X. 2015. Components of a rice-oilseed rape production system augmented with *Trichoderma* sp. Tri-1 control *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. *Phytopathology* 105, 1325-1333
- [46] Glare T, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Kohl J, Marrone P, Morin L & Stewart A. 2012. Have biopesticides come of age? *Trends Biotechnol.* 30, 250-258
- [47] Miftahurrohmat, A. & Sutarman. 2020. Utilization of trichoderma sp. and pseudomonas fluorescens as biofertilizer in shade-resistant soybean. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 821 012002. doi:10.1088/1757-899X/821/1/012002
- [48] Azis, A.N.W., Wachid, A. & Sutarman. 2019. The Effect Of Trichoderma Sp. and kinds of fertilizer costs on growth and production green mustard (*Brassica rapa* L.). *Nabatia* 7 (1), 1-10
- [49] Sutarman, Miftahurrohmat, A., Nurmalasari, I.R. Prihatinnigrum, A.E. 2021. In vitro evaluation of the inhibitory power of Trichoderma harzianum against pathogens that cause anthracnose in chili. J. Phys.: Conf. Ser. 1764 012026. doi:10.1088/1742-6596/1764/1/012026
- [50] Sutarman & Miftahurrohmat, A. 2021. fungistatic effect of *ipomea carnea* extract and *trichoderma esperellum* against various fungal biological agents. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1012 012046. DOI 10.1088/1755-1315/1012/1/012046
- [51] Sutarman. 2017. Pengujian *Trichoderma* sp. sebagai pengendali hawar daun bibit kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 17 (1), 45-52
- [52] Sutarman, Miftahurrohmat, A., Nurmalasari, I.R. Prihatinnigrum, A.E. 2021. In vitro evaluation of the inhibitory power of Trichoderma harzianum against pathogens that cause anthracnose in chili. J. Phys.: Conf. Ser. 1764 012026. doi:10.1088/1742-6596/1764/1/012026
- [53] Wachid, A. & Sutarman. 2019. Inhibitory power test of two *Trichoderma* isolates in in vitro way againts *Fusarium oxysporum* the cause of red chilli stem rot. J. Phys.: Conf. Ser. 1232 012020 DOI 10.1088/1742-6596/1232/1/012020
- [54] Sutarman, Hadi, S., Saefuddin, A., Achmad & Suryani, A. 2004. [Sumber inokulum patogen hawar daun bibit *Pinus merkusii* di pesemaian.](#) *Nabatia* 1 (2), 267-277
- [55] Sutarman, AE Prihatiningrum. 2015. Penyakit hawar daun *Pinus merkusii* di berbagai persemaian kawasan utama hutan pinus Jawa Timur. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 15 (1), 44-5
- [56] Silvia, M. & Sutarman, 2021. Application of *Trichoderma* as an alternative to the use of sulfuric acid pesticides in the control of Diplodia disease on pomelo citrus. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 819 012007. DOI 10.1088/1755-1315/819/1/012007

- [57] Sutarman, Jalaluddin, A.K., Li'aini, A.S., Prihatiningrum, A.E. 2021. Characterizations of *Trichoderma* sp. and its effect on *Ralstonia solanacearum* of tobacco seedlings. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* **21** (1), 8-19. DOI:10.23960/jhptt.1218-19
- [58] Sentosa, F.B., Sutarman, Nurmalasari, I.R.. 2021. The effect of *Trichoderma* and onion extract on the success of grafting in mango seedlings. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **819** 012008, DOI 10.1088/1755-1315/819/1/012008
- [59] Sutarman & Putra, V.P. 2018. *Trichoderma* sp. Biopesticide Application Against Vegetative Biomass and Potato (*solanum tuberosum*). *Nabatia* **6** (2), 57-62
- [60] Sutarman. 2018. Uji *Trichoderma harzianum* sebagai biofertilizer dan biopestisida untuk pengendalian hawar tajuk dan layu tanaman kentang. Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Sumberdaya Lokal Untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto 26 Juni 2018, p. 210-217
- [61] Sutarman, Maharani, N.P., Wachid, A., Abror, M., Al Machfud, & Miftahurrohmat, A. 2019. Effect of ectomycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* on the clove (*Syzygium aromaticum* L.) seedlings performances. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1232** 01202. doi:10.1088/1742-6596/1232/1/012022
- [62] Sutarman. 2019. Respons tanaman jahe merah (*Zingiber officinale*) terhadap ekstrak bawang merah dan pupuk hayati *Trichoderma*. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan* **6** (1), 62-76. DOI: <https://doi.org/10.33084/daun.v6i1.922>
- [63] Liangang Mao, Lan Zhang, Shaoli Wang, Yanning Zhang, Lizhen Zhu, Hongyun Jiang, Xingang Liu. 2022. Application of insecticides by soil drenching before seedling transplanting combined with anti-insect nets to control tobacco whitefly in tomato greenhouses. *Sci Rep.* **12**(1):15939. doi: 10.1038/s41598-022-20294-5
- [64] Sutarman. 2018. Aplikasi biofertilizer pada kedele tahan naungan. Umsida Press. Sidoarjo. DOI: <https://doi.org/10.21070/2018/978-979-3401-92-8>
- [65] Sutarman, Prihatiningrum, A.E., Sukarno, A. & Miftahurrohmat, A. 2018. Initial growth response of shallot on *Trichoderma* formulated in oyster mushroom cultivation waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **420** (1), 012064. DOI 10.1088/1757-899X/420/1/012064
- [66] Hao Li, Jian Huang, Fang Lu, Yang Liu, Yuxiang Song, Yuhui Sun, Jun Zhong, Hui Huang, Yong Wang, Shuiming Li, Yeshayahu Lifshitz, Shuit-Tong Lee, Zhenhui Kang. 2018. Impacts of Carbon Dots on Rice Plants: Boosting the Growth and Improving the Disease Resistance. *ACS Appl Bio Mater.* **1**(3):663-672. doi: 10.1021/acsabm.8b00345

[67] Junjie Shi & Ziqiang Zhu. 2021. Seedling morphogenesis: when ethylene meets high ambient temperature. *aBIOTECH* 3(1):40-48. doi: 10.1007/s42994-021-00063-0