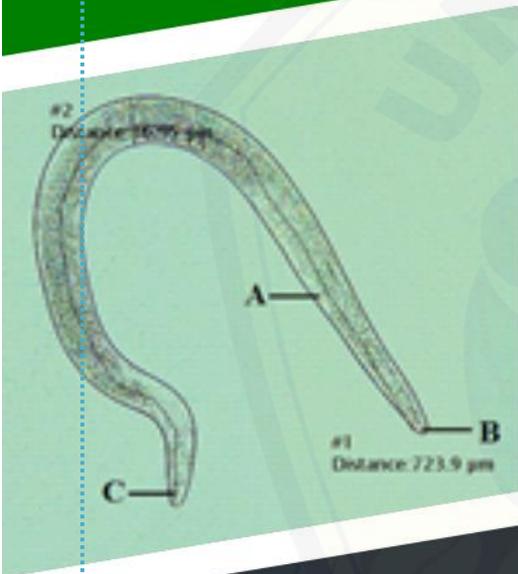


PENGENDALIAN HAYATI NEMATODA *Pratylenchus coffeae* PADA TANAMAN KOPI



Penulis:

Dr. Iis Nur Asyiah, SP., M.P

Editor:

Ankardiansyah Pandu Pradana, S.P., M.Si.

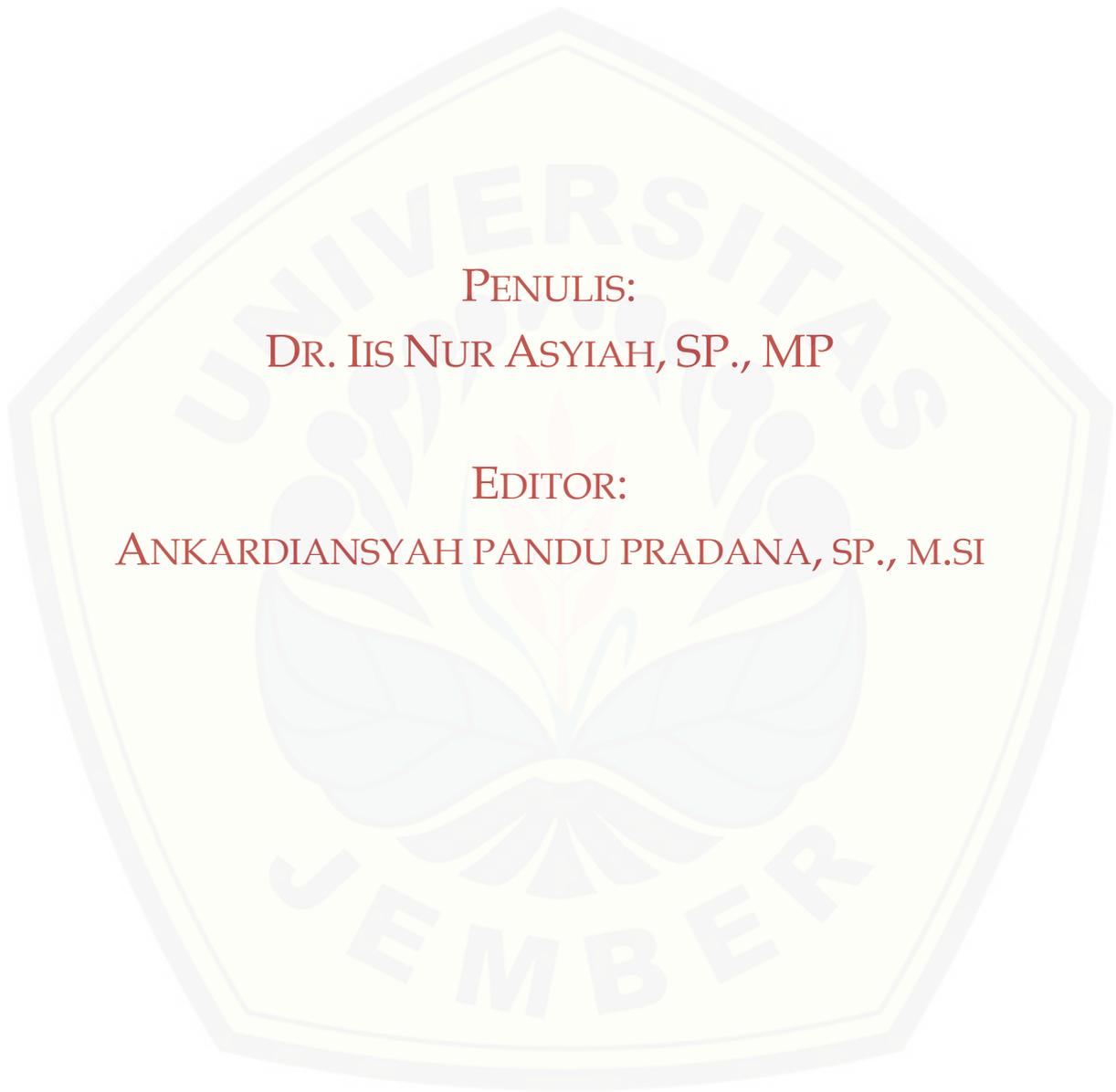
**PENGENDALIAN HAYATI NEMATODA
PRATYLENCHUS COFFEA PADA TANAMAN KOPI**

PENULIS:

DR. IIS NUR ASYIAH, SP., MP

EDITOR:

ANKARDIANSYAH PANDU PRADANA, SP., M.SI



P R A K A T A

Berkat ridlo Allah SWT, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “Pengendalian Hayati Nematoda *Pratylenchus coffeae*”. Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian penulis bersama tim peneliti dan mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Jember sejak tahun 2014 melalui hibah Deptan (KKP3N dan KP4S), hibah DRPM, Rispro LPDP, dan Hibah Internal Unej.

Pratylenchus coffeae merupakan nematoda parasit yang menyerang berbagai tanaman budidaya, namun penekanan pada buku ini adalah serangan *P. coffeae* pada tanaman kopi. Buku ini menjelaskan berbagai agen pengendali hayati yang terbukti mampu mengendalikan *P. coffeae* baik pada bibit maupun tanaman kopi dewasa. Buku ini juga menjelaskan proses perolehan dan rearing agen pengendalian hayati, sehingga pembaca bisa mendapatkan gambaran utuh penggunaan agensia hayati dari awal sampai aplikasi.

Buku ini diperuntukkan bagi mahasiswa, peneliti, pelaku usaha tani, dan masyarakat yang tertarik pada pada pengendalian hayati nematoda parasit. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pembaca. Aamiin.

Jember, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. Pendahuluan	1
BAB 2. Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>	6
2.1 Klasifikasi dan Ciri Khusus Nematoda <i>P. coffeae</i> ..	6
2.2 Siklus Hidup Nematoda <i>P. coffeae</i>	10
2.3 Gejala Kerusakan Tanaman Akibat Serangan <i>P. coffeae</i>	12
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Populasi <i>P. coffeae</i>	19
2.5 Penyebaran dan Tanaman Inang <i>P. coffeae</i>	21
BAB 3. Metode Sampling, Ekstraksi dan Identifikasi Nematoda Parasit Tanaman	25
3.1 Persyaratan dan Prosedur Sampling	25
3.2 Penanganan dan Cara Membawa Sampel	28
3.3 Prosedur Ekstraksi.....	30
3.4 Identifikasi dan Perhitungan Nematoda.....	38
BAB 4. Pengendalian Hayati.....	42
4.1 Konsep Pengendalian Hayati.....	42
4.2 Agensia Pengendali Hayati	43
4.3 Strategi Pengendalian Hayati	49
4.4 Aspek Praktis Pengendalian Hayati	50

BAB 5. Bakteri Endofit Sebagai Agenasia Pengendali Hayati	
<i>P. coffeae</i>	52
5.1 Pengertian Bakteri Endofit	52
5.2 Interaksi Bakteri Endofit dengan Tanaman Inang...	55
5.3 Potensi Bakteri Endofit sebagai Agenasia Pengendali Hayati.....	61
5.4 Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit.....	62
5.5 Pemanfaatan Bakteri Endofit dalam Mengendalikan <i>P. coffea</i>	65
5.6 Mekanisme Bakteri Endofit Dalam Mengendalikan Nematoda Parasit.....	67
BAB 6. Mikoriza Sebagai Agenasia Pengendali Hayati <i>P. coffea</i> .	73
6.1 Pengertian dan Peran Mikoriza sebagai Agenasia Pengendali Hayati.....	73
6.2 Proses Infeksi Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA).	76
6.3 Rearing Mikoriza dan Peranan <i>Mychorriza Helper Bacteria</i> (MHB) dalam Rearing Mikoriza	80
6.4 Pemanfaatan Mikoriza dalam Mengendalikan <i>P. coffea</i>	88
6.5 Mekanisme Mikoriza dalam Mengendalikan Nematoda	90
BAB 7. Rizobakter sebagai Agenasia Pengendali Hayati <i>P. coffea</i>	95
7.1 Pengertian dan Peran Rizobakter sebagai Agenasia Pengendali Hayati.....	95
7.2 Pemanfaatan Rizobakter dalam Mengendalikan <i>P. coffea</i>	97
7.3 Mekanisme Rizobakter dalam Mengendalikan Nematoda.....	101
BAB 8. Nematoda dan Tungau Predator sebagai Agenasia Pengendali Hayati <i>P. coffea</i>	104
8.1 Pemanfaatan Nematoda Predator sebagai Agenasia Pengendali Hayati <i>P. coffea</i>	104

8.2 Pemanfaatan Tungau Predator sebagai Agensia	
Pengendali Hayati <i>P. coffea</i>	110
BAB 9. Fungi Nematofagus sebagai Agensia Pengendali Hayati <i>P. coffeae</i>	117
9.1 Pengertian dan Peran Fungi Nematofagus sebagai Agensia Pengendali Hayati.....	117
9.2 Jenis-Jenis Fungi Nematofagus.....	118
9.3 Isolasi Fungi Nematofagus.....	123
9.4 Pemanfaatan Fungi Nematofagus dalam Mengendalikan <i>P. coffeae</i>	125
9.5 Mekanisme Fungi Nematofagus dalam Mengendalikan Nematoda Parasit.....	127
BAB 10. Prospek Organisme Tanah Sebagai Agen Pengendali Hayati Nematoda Parasit.....	131
DAFTAR PUSTAKA	135
GLOSARIUM.....	161
INDEKS.....	166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Pratylenchus coffeae</i> betina dan jantan	7
Gambar 2.2 Diagram ultrastruktur daerah stilet (kode: ST), otot protractor dan amphidial sensilla <i>Pratylenchus</i>	7
Gambar 2.3 Mikrograf SEM <i>P. coffeae</i>	9
Gambar 2.4 Nematoda <i>P. coffeae</i> (Zimmermann, 1898) Filipjev dan Schuurmans	9
Gambar 2.5 Kehidupan dan siklus nematoda peluka akar (<i>Pratylenchus</i> spp.)	11
Gambar 2.6 <i>Pratylenchus coffeae</i> pada: A. ujung akar tanaman kopi. B. korteks akar	13
Gambar 2.7 Nekrosis pada bonggol akar pisang akibat serangan <i>P. coffeae</i>	14
Gambar 2.8 Akar tanaman kopi	14
Gambar 2.9. Performasi bibit kopi yang terinfeksi dan tidak terinfeksi nematoda <i>P coffeae</i>	15
Gambar 2.10 Performasi tanaman kopi arabika yang terinfeksi dan tidak terinfeksi nematoda <i>P coffeae</i>	16
Gambar 2.11. Distribusi Geografis <i>P. coffeae</i>	22
Gambar 3.1 Alat ekstraksi nematoda dari tanah dan akar	32
Gambar 5.1 Sel-sel akar bibit Phragmites mengandung bakteri endofit	54
Gambar 5.2 Tahap interaksi prekolonisasi yang terjadi pada permukaan akar antara tanaman inang dan bakteri endofit	58
Gambar 5. 3 Kolonisasi eksternal dan internal dari akar tumbuhan oleh bakteri endofit	60

Gambar 5.4 Persentase pengurangan penetrasi nematoda <i>P. coffeae</i> pada bibit akar kopi Arabika.	66
Gambar 5.5 Zona bening yang dihasilkan 3 isolat bakteri endofit	71
Gambar 6.1 Penampang longitudinal akar yang terinfeksi MVA	80
Gambar 6.2. Metode trapping MVA	80
Gambar 6.3 Tahapan rearing/perbanyak mikoriza skala kecil (praktikum)	83
Gambar 6.4 Tahapan <i>scaling up</i> mikoriza.	84
Gambar 6.5 Hifa mikoriza akibat perlakuan jarak tanam pada akar tanaman jagung yang berusia 2 bulan	85
Gambar 6.6 Hifa mikoriza <i>Glomus</i> spp pada permukaan akar jagung akibat penambahan MHB	87
Gambar 6.7 Performasi akar bibit Kopi arabika diberi perlakuan mikoriza dan MHB	90
Gambar 8.8 Gambaran umum tentang mekanisme jamur MVA dapat berperan sebagai biokontrol terhadap nematoda parasit tanaman	91
Gambar 7.1 Perbandingan Akar kopi yang terserang oleh nematoda parasit <i>Pratylenchus coffeae</i>	98
Gambar 7.2 Perbandingan performansi tajuk kopi yang terserang oleh nematoda parasit <i>Pratylenchus coffeae</i>	99
Gambar 7.3 Kerusakan akar bibit Kopi Arabika.	100
Gambar 8.1 Bagian anterior (kiri) dan posterior (kanan) nematoda <i>Labronema</i> sp. jantan	107
Gambar 8.2 Nematoda <i>Labronema</i> sp (Ordo Dorylaimida) saat mempredasi <i>Pratylenchus coffeae</i>	108

Gambar 8.3 Siklus Hidup Tungau Predator	.....	111
Gambar 8.4 Tungau predator ordo oribatida	.....	116
Gambar 4.3 Tungau predator ordo mesostigmata	.....	116
Gambar 9.2 Morfologi alat penjebak pada NTF	.....	120
Gambar 9.3. Tiga Jenis alat penjebak isolat NTF asal lahan perkebunan kopi arabika Ijen	.....	122
Gambar 9.4 Nematoda <i>P. coffeae</i> mati akibat perlakuan <i>Trichoderma</i> sp.	.....	126



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Prosedur dasar untuk mengesktrak nematoda dari tanah	31
Tabel 3.2 Formula morfometri nematoda	39
Tabel 3.3. Morfometri <i>Pratylenchus coffeae</i> di Indonesia	39
Tabel 5.1 Karakter bakteri endofit asal akar tanaman kopi yang sehat	65
Tabel 5.2 Pengaruh Inokulasi Bakteri Endofit terhadap Populasi Nematoda <i>P. coffeae</i> 16 Minggu setelah Perlakuan	67
Tabel 6.1 Pengaruh Jarak Tanam Inang terhadap Derajat Infeksi Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp.	85
Tabel 6.2. Rerata derajat infeksi dan jumlah spora mikoriza <i>Glomus</i> spp pada saat 2 bulan setelah perlakuan MHB	87
Tabel 6.3. Pengaruh mikoriza <i>Glomus</i> sp. terhadap <i>P. coffeae</i> pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi	89
Tabel 6.4 Pengaruh Inokulasi ganda antara Bakteri MHB (<i>P. diminuta</i> dan <i>B. Subtilis</i>) dan <i>Glomus</i> spp. terhadap rerata penghitungan populasi Nematoda <i>P. coffeae</i> pada akar dan tanah serta total	89

Tabel 7.1. Pengaruh bakteri <i>P. diminuta</i> dan <i>B. subtilis</i> terhadap populasi nematoda <i>P. coffeae</i> dalam akar dan tanah	.....	97
Tabel 7.2. Pengaruh BPF terhadap <i>P. coffeae</i> pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata skor kerusakan tajuk, skor kerusakan akar, serta populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi	.....	100
Tabel 7.3. Hasil analisis peroksidase	.....	101
Tabel 8.1 Daya predasi <i>Labronema</i> sp. terhadap persentase mortalitas <i>Pratylenchus coffeae</i>	.....	107
Tabel 8.2 Rata-rata kematian <i>Pratylenchus coffeae</i> akibat predasi nematoda <i>Labronema</i> sp. selama 24 jam	.....	108
Tabel 8.3 Hasil analisis uji daya predasi tungau predator terhadap nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> pada pengamatan hari ke 1, 2, 4, dan 6.	.....	114
Tabel 9.1 Pengaruh Jumlah Spora <i>Trichoderma</i> sp terhadap Mortalitas <i>P. coffeae</i>	.....	125

Bab 1. PENDAHULUAN

Nematoda adalah cacing tidak bersegmen, biasanya memiliki diameter 50 μm dengan panjang 1 mm. Beberapa spesies yang bertanggung jawab untuk penyakit tanaman telah menerima banyak perhatian, namun sebenarnya mayoritas nematoda memainkan peran bermanfaat dalam tanah.

Kelimpahan nematoda tanah umumnya menurun dengan meningkatnya kedalaman dan jarak dari tanaman, karena sebagian besar nematoda tanah terkonsentrasi di rizofe. Ingham *et al.* (1985) menemukan nematoda pemakan bakteri dan jamur hingga 70% pada 4-5% dari total tanah rizosfer, yaitu sejumlah tanah yang berada pada 1-2 mm dari permukaan akar (*rhizoplane*). Griffiths dan Caul, (1993) menemukan bahwa nematoda bermigrasi ke sekumpulan residu rumput yang membusuk, karena ada sejumlah besar substrat labil dan sumber makanan mikroba. Nematoda juga bergerak secara vertikal di tanah menuju akar tanaman, tetapi jarak bergerak tergantung pada spesies, suhu tanah, jenis tanah, dan kelembaban tanah. Di padang pasir, nematoda dapat bergerak menuju akar sampai kedalaman 15 m seperti tungau dan biota lainnya (Freckman dan Virginia, 1989), dan nematoda *Halicephalus mephisto* ditemukan pada kedalaman tanah 3 km (Borgonie *et al.*, 2011).

Berdasarkan kebiasaan makannya, nematoda digolongkan ke dalam lima kelompok nematoda yaitu: nematoda pemakan bakteri (*bacterial feeders/bacteriovora*), pemakan jamur (*fungal feeders/fungivora*), omnivor, predator, dan parasit tanaman.

hidup di dalam akar dan tanah paling sedikit 4 bulan (Luc *et al.*, 1995). Populasi *P. coffeae* menurun pada kondisi tanah yang mempunyai pH 3,85 – 6 (Ploetz, 2003).

Nematoda mampu menempati berbagai relung ekologi, namun nematoda sebenarnya tergolong binatang akuatik. Nematoda parasitik tumbuhan seperti *P. coffeae* memerlukan sedikitnya lapisan air untuk memudahkan gerakan dan semua spesies nematoda sebagian siklus hidupnya berada di dalam tanah. Nematoda berenang di dalam lapisan air yang tipis yang menyelubungi butir-butir tanah sehingga kandungan air tanah merupakan faktor ekologi yang utama. Banyak spesies yang mati dalam keadaan tanah yang kering termasuk nematoda *P. coffeae*. Sebaliknya terlalu banyak air tanah mengakibatkan kekurangan oksigen dan banyak nematoda yang mati (Luc *et al.*, 1995). Selain dipengaruhi oleh kandungan air tanah, kehidupan dan pergerakan nematoda di dalam tanah dipengaruhi oleh temperatur tanah, porositas dan aerasi tanah (Semangun, 1996).

Suhu tanah merupakan faktor yang tidak begitu penting, karena cenderung tetap stabil. Kebanyakan nematoda tropik tidak mampu hidup dalam periode yang lama di bawah suhu 10°C dan beberapa dapat hidup pada suhu tanah 50°C apabila mereka cukup waktu untuk mempersiapkan masuk ke dalam anhidrobiosis (Luc *et al.*, 1995).

Porositas dan aerasi tanah mempengaruhi pergerakan nematoda di dalam tanah. Pada umumnya tanah pasiran merupakan lingkungan terbaik, sedang tanah yang mempunyai partikel halus seperti tanah lempung kurang baik bagi pergerakan dan perkembangbiakan nematoda (Luc *et al.*, 1995). Nematoda akan

Pada kopi, *P. coffeae* adalah spesies nematoda peluka akar yang paling banyak dilaporkan di seluruh dunia (Campos dan Villain, 2005). Di Amerika Tengah dan Selatan, ditemukan di Republik Dominika, El Salvador, Guatemala, Kosta Rika, Kolombia, Venezuela dan Brasil. Di Karibia, *P. coffeae* terdeteksi di Martinik, Kuba dan Puerto Riko. Di Afrika, dilaporkan di Republik Demokratik Kongo Kongo dan Tanzania. *P. coffeae* juga menyerang kopi di Madagaskar. Di Asia, selain Jawa (Indonesia), tempat pertama kalinya ditemukan, ditemukan juga di India dan Wilayah Indochina. *P. coffeae* juga menyerang kopi di Hawaii.

Selain pada kopi, *P. coffeae* juga menyerang pisang dan “plantain” (*Musa* spp.) di seluruh dunia (Gowen et al., 2005). Meskipun spesies nematoda ini ditemukan di akar pisang, paling sering dikaitkan dengan kerusakan akar pada “plantain” di Amerika Tengah, Karibia dan Afrika Barat (Díaz-Silveira and Herrera, 1998; Brentu et al., 2004; Moens et al., 2006), dan pisang diploid dan triploid di Asia dan Pasifik (Bridge et al., 1997). Di Afrika, meskipun tersebar luas dan penting di beberapa negara, seperti Ghana dan Nigeria (Speijer et al., 2001; Brentu et al., 2004), di negara-negara Afrika lainnya, seperti Pantai Gading dan Kamerun (Adiko, 1988; Bridge et al., 1995), frekuensinya kejadian sangat rendah yang menunjukkan bahwa di benua ini distribusinya banyak yang terlokalisir.

Pada “yam” (ubi), *P. coffeae* adalah penyebab penyakit busuk kering umbi. Seperti yang terjadi di Brasil, Belize, Karibia (Barbados, Jamaika, Puerto Riko), China, Taiwan dan di beberapa pulau Pasifik (Papua Nugini, Fiji, Niue, Tonga, Vanuatu dan Kepulauan Solomon (Bridge et al., 2005). Di Jepang, *P. coffeae* juga

Bab 4. PENGENDALIAN HAYATI

4.1 Konsep Pengendalian Hayati

Sebelum kita membahas lebih lanjut, pertama-tama kita harus mengetahui dulu pengertian pengendalian hayati atau sering pula disebut pengendalian biologis. Gagasan pengendalian hayati sederhana yaitu mengelola hama dengan penggunaan organisme hidup yang disengaja. Dalam ekosistem alami, peristiwa semacam itu terjadi berulang kali dan merupakan komponen utama yang mengatur populasi suatu organisme. Dalam aplikasi pada bidang pertanian, tujuannya adalah untuk mengelola populasi dan kemampuan organisme yang bermanfaat secara efektif untuk mengurangi aktivitas hama yang sesuai dengan konsep lingkungan, hukum dan ekonomi. Ini lebih mudah diucapkan daripada dilakukan karena kendala yang dihadapi bisa sangat berat.

Meskipun gagasan tentang pengendalian hayati mungkin sederhana, namun tidak dengan definisi istilah pengendalian hayati. Para ilmuwan bisa berdebat tentang definisi untuk selamanya. Ahli entomologi menyatakan bahwa konsep pengendalian biologis adalah penggunaan organisme hidup (musuh alami) untuk mengelola populasi hama. Namun, mereka yang bekerja di bidang pengelolaan penyakit tanaman, menemukan konsep ini sulit untuk dikerjakan dan mereka memberikan konsep tambahan yang memperluas ruang lingkup kegiatan yang mungkin melibatkan pengendalian biologis. Para penulis ini menganggap bahwa penyakit tanaman bukan 'organisme' tetapi sebuah proses. Dengan demikian, mereka mendefinisikan pengendalian hayati penyakit

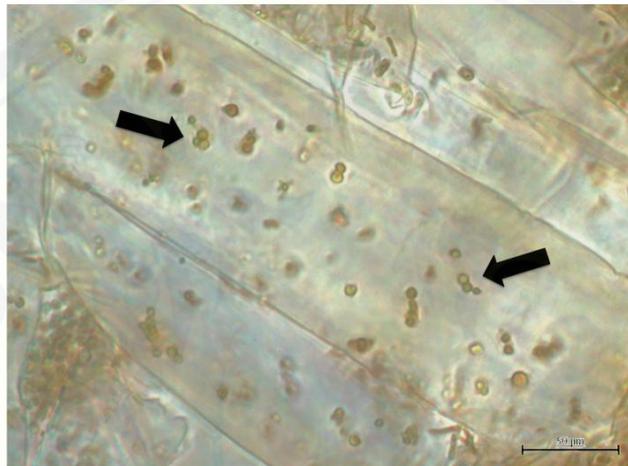
Bab 5. BAKTERI ENDOFIT SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI

5.1 Pengertian Bakteri Endofit

Sebelum kita mulai membahas bakteri endofit, istilah endofit harus didefinisikan terlebih dahulu. Secara harfiah, kata endofit berarti "di dalam tanaman" (*endon* Gr. = di dalam, *phyton* = tanaman). Penggunaan istilah endofit sangat luas sesuai spektrum inang dan penghuni potensial, misalnya bakteri (Kobayashi dan Palumbo, 2000), jamur (Stone *et al.*, 2000), tanaman (Marler *et al.*, 1999) dan serangga pada tanaman (Feller, 1995), juga untuk ganggang di dalam alga (Peters, 1991). Meskipun ada beragam penggunaan kata endofit, namun endofit paling sering didefinisikan sebagai organisme yang "...menginfeksi tidak mencolok, jaringan inang yang terinfeksi setidaknya sementara tanpa gejala, dan kolonisasi mikroba dapat ditunjukkan sebagai internal ..." (Stone *et al.*, 2000). Meskipun penulis ini menggunakan definisi ini untuk menggambarkan jamur endofit, itu sama-sama berlaku untuk bakteri endofit.

Secara konseptual, bakteri endofit didefinisikan oleh Kado (1992) sebagai "bakteri yang berada di dalam jaringan tanaman hidup tanpa melakukan kerusakan atau mendapatkan manfaat selain mengamankan tempat tinggal. Definisi tersebut terlalu ketat, karena tidak termasuk kemungkinan bahwa endofit dapat, dan mungkin bisa, membentuk simbiosis dengan inang mereka. Quispel (1990) mempertimbangkan endofit hanya sebagai bakteri

Sumber kolonisasi bakteri endofit beragam antara lain berasal dari penularan melalui benih, bahan tanam vegetatif, juga dari lingkungan sekitarnya seperti rizosfer dan filosfer. Namun demikian, rizosfer tampaknya menjadi sumber utama kolonisasi bakteri endofit dan apa pun yang mempengaruhi komunitas bakteri asli di dalam rizosfer akan mempengaruhi spektrum bakteri yang ditemukan secara internal dalam jaringan tanaman.



Gambar 5.1 Sel-sel akar bibit *Phragmites* mengandung (bakteri endofit: tanda panah). Bakteri endofit menjajah seluruh ruang antara dinding sel dan membrane plasma serta permukaan akar dengan skala 200 µm. Sumber Gambar: White *et al.*, (2015).

Bakteri endofit khususnya yang hidup di perakaran suatu tanaman, sangat unik karena keterkaitannya dengan eksudat akar (Soesanto, 2008). Tanaman menyediakan nutrisi bagi bakteri endofit dalam bentuk eksudat akar, yang sangat diperlukan untuk perbanyakannya dan pertumbuhannya. Sebaliknya, pengaruh bakteri endofit terhadap tanaman adalah dalam hal kemampuannya melindungi tanaman atau mendukung pertumbuhan tanaman. Adanya hubungan saling pengaruh tersebut sangat penting bagi

Bab 6. MIKORIZA SEBAGAI AGENSIA PENGENDALI HAYATI *P. coffea*

6.1 Pengertian dan Peran Mikoriza sebagai Agensia Pengendali Hayati

Mikoriza adalah asosiasi simbiosis yang terbentuk antara akar sebagian besar spesies tanaman dan jamur. Istilah mikoriza (akar jamur, dari bahasa Yunani: mykes = jamur atau jamur dan rhiza = akar). Mikoriza juga dapat didefinisikan sebagai "simbiosis mutualistik antara tanaman dan jamur, terlokalisasi dalam struktur seperti akar atau akar di mana energi bergerak terutama dari tanaman ke jamur dan sumber daya anorganik berpindah dari jamur ke tanaman". Simbiosis ini ditandai dengan pergerakan nutrisi dua arah, yaitu karbon mengalir ke jamur dan nutrisi anorganik pindah ke tanaman, sehingga memberikan hubungan kritis antara akar tanaman dan tanah. Di tanah yang tidak subur, nutrisi yang diambil oleh jamur mikoriza dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan dan reproduksi tanaman. Akibatnya, tanaman mikoriza seringkali lebih kompetitif dan lebih mampu mentolerir tekanan lingkungan daripada tanaman nonmikoriza (Varma dan Das, 2009).

Sejauh ini ada tujuh jenis mikoriza yang telah diidentifikasi berdasarkan morfologi, anatomi, dan taksonomi inang-tumbuhan atau taksonomi jamur (Srivastava *et al.*, 1996; Smith dan Read, 2008). Ke-tujuh jenis mikoriza tersebut adalah: ektomikoriza, endomikoriza atau mikoriza arbuskular, mikoriza ericoid, mikoriza arbutoid, mikoriza monotropoid, ect-endomikoriza, dan mikoriza

orchidaceous. Namun yang akan dibahas pada bab ini adalah endomikoriza atau mikoriza vesikula arbuskula (MVA) dengan pertimbangan peranannya sebagai agen pengendali hayati dalam mengendalikan nematoda parasit dan kemudahan dalam memproduksinya sebagai pupuk hayati.

Istilah mikoriza vesikula arbuskula (MVA) mengacu pada keberadaan struktur intraseluler - vesikel dan arbuskula - yang terbentuk di akar selama berbagai fase perkembangan. Hifa asepta memasuki sel kortek akar dan membentuk vesikel serta arbuskula yang khas. Plasmalemma sel inang menginvasi dan melampirkan arbuskula. Jamur MVA terdiri dari 9 genus, yaitu: *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Archaeospora*, *Gerdemannia*, *Paraglomus* dan *Geosiphon*, satu-satunya endosimbiosis jamur dengan cyanobacteria yang diketahui.

Arbuskula merupakan struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom), berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Adapun vesikula merupakan struktur dengan dinding yang tipis berbentuk bulat, lonjong maupun tidak teratur serta mengandung lipid di dalamnya (Simanungkalit, 2006).

MVA, yang secara taksonomi termasuk dalam filum Glomeromycota, membentuk hubungan simbiosis dengan lebih dari 80% spesies tanaman yang hidup di darat baik spesies herba maupun kayu. Simbion tanaman berkisar dari Briofita hingga Angiospermae. Simbiosis memainkan peran yang sama pentingnya dalam ekosistem alami dan agroekosistem. Mikoriza telah dicirikan sebagai jasa ekosistem bagi umat manusia. Dalam arti sempit,

kekuatan akar, karena kapasitas penyerapan nutrisi yang lebih tinggi. Bahkan mungkin mengimbangi pertumbuhan akar yang ditekan yang disebabkan oleh NPT. Sebagai contoh, penurunan percabangan akar yang disebabkan oleh nematoda endoparasit migrasi *Radopholus similis* dan *P. coffeae* pada tanaman pisang diimbangi dengan peningkatan percabangan akar karena kolonisasi oleh MVA (Elsen *et al.*, 2003).

c. Menginduksi ketahanan sistemik

Banyak laporan menyoroti penekanan sistemik infeksi nematoda pada akar mikoriza. Misalnya, penekanan sistemik dibuktikan dalam penelitian menggunakan metode *split root* pada pisang yang dikoloni MVA terhadap *R. similis* dan *P. coffeae* (Elsen *et al.*, 2008). Efek biokontrol sistemik MVA juga telah ditunjukkan dalam interaksi dengan beberapa patogen lain (Khaosaad *dkk.*, 2007; Castellanos-Morales *et al.*, 2011), mendukung pentingnya mekanisme ini dalam biokontrol yang dimediasi MVA.

d. Perubahan pada interaksi di rizosfer

Simbiosis MVA juga mengarah pada perubahan komposisi dan tingkat eksudasi akar (Jones *et al.*, 2004), yang pada gilirannya dapat berdampak pada NPT di rizosfer dalam hal penetasan, motilitas, kemotaksis, dan lokasi inang. Perbedaan kuantitas dan kualitas eksudat akar antara tanaman mikoriza dan non-mikoriza telah dilaporkan untuk berbagai senyawa, termasuk gula dan asam organik, asam amino, senyawa fenolik, flavonoid dan bahkan untuk hormon tanaman strigolakton (López-Ráez *et al.*, 2011).

Bab 9. FUNGI NEMATOFAGUS SEBAGAI AGENSIA PENGENDALI HAYATI *P. coffea*

9.1 Pengertian dan Peran Fungi Nematofagus sebagai Agensia Pengendali Hayati

Fungi nematofagus merupakan fungi karnivora yang memanfaatkan berbagai perangkat untuk membunuh dan mengkonsumsi nematoda. Fungi nematofagus bisa ditemukan pada berbagai habitat dan jenis tanah di daerah tropis dan subtropis yang kaya akan bahan organik. Fungi nematofagus juga dapat bersifat saprofit pada bahan organik di lahan pertanian, sampah organik, dan pada kotoran ternak. Fungi nematofagus melimpah ketika kepadatan nematoda parasit juga melimpah (McSorley *et al.*, 2006). Fungi nematofagus termasuk kelompok mikroorganisme yang dapat menjebak, membunuh, dan menjadi parasit nematoda (Lalosevic dan Mirjana, 2018). Mekanisme antagonistik Fungi nematofagus terhadap nematoda dapat melalui beberapa cara antara lain sebagai parasit, penghasil senyawa kimia yang mematikan nematoda, sebagai pemangsa nematoda, dan dapat mengkoloni akar sehingga nematoda parasit tidak mampu menginfeksi.

Sifat antagonistik fungi nematofagus bisa terhadap telur, larva maupun nematoda dewasa. Pemakaian fungi nematofagus bisa menjadi alternatif yang menjanjikan dalam pengendalian nematoda parasit mengingat semakin tingginya biaya pemakaian nematisida sintetik serta adanya dampak negatif terhadap lingkungan dan tanaman. Selain itu, siklus hidup nematoda yang sebagian berada di

Bab 10. PROSPEK ORGANISME TANAH SEBAGAI AGENSIA PENGENDALI HAYATI *P. coffea*

Komunitas biologis tanah mengandung sejumlah besar organisme, dan mereka bisa mempengaruhi sistem pengendalian biologis dalam berbagai cara. Contoh paling jelas adalah organisme yang menyerang agen pengendali hayati seperti *fungivorous nematodes* memakan *nematophagous fungi*, *zoosporic fungi* menjadi parasit *predatory nematodes*, protozoa dan predator lainnya mengkonsumsi spora *Pasteuria*, dan antropoda memangsa nematoda predator (Stirling, 2014; Stirling, 2013).

Berbagai organisme tanah menghasilkan berbagai zat yang memacu pertumbuhan tanaman, sedangkan yang lain mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Pengaruh secara langsung maupun tidak langsung ini mempengaruhi kapasitas tanaman untuk mentolerir kerusakan akibat nematoda. Jadi, ketika aktivitas biologis dan keanekaragaman dan kesehatan tanah juga rendah, pengendalian secara biologis mungkin tidak pernah layak, karena tanaman mengalami kerusakan sangat parah pada kepadatan populasi nematoda rendah. Sebaliknya, dalam lingkungan biologis yang lebih kaya dan seimbang, tanaman lebih toleran terhadap nematoda parasit, dan karena ambang batas kerusakan lebih tinggi, musuh alami lebih mungkin untuk diberikan untuk mengendalikan nematoda agar pertumbuhan dan produktivitas tanaman optimum.

- Ghahremani, Z., Escudero, N., Beltrán-Anadón, D., Saus, E., Cunqueiro, M. and Andilla J. 2020. *Bacillus firmus* strain I-1582, a nematode antagonist by itself and through the plant. *Front Plant Sci* 11:796
- Gowen, S., Quénéhervé, P. and Fogain, R. 2005. Nematode parasites of bananas and plantains. *In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2nd edition. Wallingford, UK, CABI Publishing, pp. 611-643.*
- Grewal, P.S., R.U. Ehlers, dan D.I.S Ilan. 2005. *Nematodes as Biological Control Agents*. London: CABI Publishing.
- Griffiths, B. S. and S. Caul. 1993. Migration of bacterial-feeding nematodes, but not protozoa, to decomposing grass residues. *Biology and Fertility of Soils* 15: 201–207.
- Gowtham, H. G., Hariprasad, P., Nayak, S. C., and Niranjana, S. R. 2016. Application of rhizobacteria antagonistic to *Fusarium oxysporum* f. Sp. lycopersici for the management of *Fusarium* wilt in tomato. *Rhizosphere* 2:72-74.
- Gutjahr, C., and Paszkowski, U. 2013. Multiple control levels of root system remodeling in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Front. Plant Sci.* 4:204.
- Hallmann, J., A. Q. Hallmann, W. F. Mahaffe, dan J. W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbial.* 43: 895-914.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Rodriguez-Kábana, R. and Kloepper, J.W. (1998) Interactions between *Meloidogyne incognita* and endophytic bacteria in cotton and cucumber. *Soil Biology & Biochemistry* 30, 925–937.
- Hallmann, J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. *In: Jeger M. J., Spence N. J (ed). Biotic Interaction in Plant-Pathogen Associations. CAB International. P 87-119.*

- Kimmons, C.A., Gwinn, K.D. and Bernard, E.C. 1990. Nematode reproduction on endophyte-infected and endophyte-free tall fescue. *Plant Disease* 74: 757– 761.
- Kloepper, J. W., R. Rodriguez-Kabana, J. A. McInroy, dan R.W. Young. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne disease and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology*. 28(1): 21-26.
- Kobayashi, D.Y. and Palumbo, J.D. 2000. Bacterial endophytes and their effects on plants and uses in agriculture, p 199– 233. In Bacon CW, White JF (eds.), *Microbial endophytes*. Marcel Dekker, Inc. New York, N.Y.
- Koffi, M. C., Vos, C., Draye, X., and Declerck, S. 2013. Effects of *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 on the reproduction of *Radopholus similis* in banana plantlets grown under in vitro culture conditions. *Mycorrhiza* 23, 279–288.
- Lalosevic, Vesna., and Mirjana, J. 2018. *Nematode-Trapping Fungi*. Savremena
- Latupeirissa, Y. 2014. Seleksi dan Identifikasi Bakteri Bermanfaat asal Tanaman Pisang Tongkat Langit (*Musa troglodytarum*) untuk Mengendalikan Penyakit Darah Pisang. *Disertasi*. Bogor: Pascasarjana IPB.
- Liharska, T. and V.W. Williamson.1997. Resistance to root knot nematodes in tomato. In: Fenoll C, Grundler FMW, Ohl SA. eds. *Celluler and Moleculer Aspects of Plant Nematode Interaction*. Kluwer Academic Publishers, Nederland. pp. 191-200.
- Linderman, R.G. 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. *Phytopathology* 78, 366-371.