

**PERAN FUNGSIONAL NEMATODA DALAM
KEBERLANJUTAN EKOSISTEM PERTANIAN SEHAT
UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Nematologi Pertanian
pada Fakultas Pertanian
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada tanggal 29 Februari 2024
di Yogyakarta**

**Oleh:
Prof. Dr.Ir. Siwi Indarti, MP**

Bismillahirrahmannirrahim

Yang terhormat,
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
Gadjah Mada,
Rektor dan Para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,
Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah
Mada Para Guru Besar Universitas Gadjah Mada,
Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah
Mada,
Dekan dan Para Wakil Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah
Mada,
Ketua dan Sekretaris Senat Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah
Mada,
Segenap sivitas akademika Universitas Gadjah Mada,
Para tamu undangan, para dosen, rekan sejawat, para mahasiswa dan
keluarga yang saya cintai.

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua. Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur atas karunia Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan berkahNya bagi kita semua yang hadir di Balai Senat Universitas Gadjah Mada. Merupakan suatu anugerah dan kehormatan bagi saya atas izin yang diberikan untuk menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar Bidang Nematologi Pertanian pada rapat terbuka majelis terhormat ini, dengan judul:

**Peran Fungsional Nematoda Dalam Keberlanjutan Ekosistem
Pertanian Sehat Untuk Mendukung Ketahanan Pangan**

Hadirin yang saya muliakan,

Sektor pertanian memegang peranan strategis dalam meningkatkan produksi pangan untuk mewujudkan ketahanan pangan secara global. Pertumbuhan penduduk dunia yang diprediksi akan mencapai 9,2 miliar pada tahun 2050, membawa konsekuensi perlunya upaya peningkatan produksi pertanian sekitar 60%–70% (Hassan et al.,

2013). Hal serupa juga dijelaskan dalam Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2020-2024 bahwa selain berfungsi sebagai penyedia pangan, pakan untuk ternak, dan bioenergi, bidang pertanian juga sangat diperlukan dalam mendukung perekonomian nasional, terutama mewujudkan ketahanan pangan, peningkatan daya saing, penyerapan tenaga kerja dan penanggulangan kemiskinan. Selain itu, pertanian juga mendorong pertumbuhan agroindustri di hilir dan memacu ekspor komoditas pertanian untuk meningkatkan devisa negara. Disisi lain, penyediaan kebutuhan pangan masyarakat merupakan tugas utama yang tidak ringan, yaitu mencakup kebutuhan penduduk Indonesia yang diperkirakan mencapai 330,9 juta jiwa pada tahun 2050. Upaya manusia dalam peningkatan produksi dan ketersediaan pangan tidak terlepas dari berbagai permasalahan. Di satu sisi, inovasi-inovasi teknologi yang dikembangkan dalam bidang pertanian secara antroposentris (berdasarkan kepentingan dan keuntungan manusia) merupakan solusi dalam peningkatan produksi pangan, namun disisi lain seringkali juga menimbulkan permasalahan baru yang lebih kompleks.

Ekosistem pertanian mempunyai peran penting dalam menyediakan pangan, pakan, serta bioenergi bagi kebutuhan hidup dan kesejahteraan manusia. Keberlanjutan proses produksi pertanian bergantung pada jasa layanan ekosistem, terjadi secara alami, yang meliputi pemeliharaan struktur dan kesuburan tanah, siklus nutrisi dan hidrologi, penyerbukan, pengendalian hama secara biologis melalui aktifitas musuh alami hama (Power, 2010). Ekosistem pertanian yang sehat akan menjamin produktivitas pertanian secara optimal. Keberlanjutan pemanfaatan sumber daya alam pada ekosistem pertanian dapat menjamin tercapainya ketahanan pangan suatu negara, terutama negara-negara berkembang. Ketahanan pangan mencakup tiga dimensi, yaitu ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan. Ekosistem pertanian dapat mendukung ketiga dimensi tersebut secara langsung maupun tidak langsung melalui penyediaan jasa layanan ekosistem yang memfasilitasi proses produksi pertanian (Richardson, 2010). Pengolahan lahan, cara bercocok tanam, penggunaan pupuk dan pestisida kimiawi seringkali justru mengakibatkan terjadinya kerusakan

pada ekosistem pertanian, dan berakibat terjadinya penurunan produksi tanaman.

Peran berbagai bidang ilmu, termasuk bidang nematologi, diperlukan untuk mewujudkan ekosistem pertanian sehat dalam rangka mendukung pencapaian ketahanan pangan. Nematologi atau disiplin ilmu yang mempelajari tentang nematoda, pada awalnya fokus pada kelompok nematoda yang menjadi faktor kendala dalam produksi tanaman. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kajian ruang lingkup bidang nematologi juga mengalami perkembangan cukup signifikan, termasuk kajian-kajian ilmiah yang dihasilkan dapat berkontribusi dalam memecahkan beberapa masalah ketahanan pangan, perubahan iklim (*climate change*) dan krisis keanekaragaman hayati (Ciancio, 2015).

Nematoda adalah invertebrata atau hewan multiseluler berukuran mikroskopis (sangat kecil) dengan panjang tubuhnya rata-rata kurang dari 2,5 mm. Nematoda dapat ditemukan di hampir semua jenis habitat darat dan perairan (Sieriebriennikov et al., 2024). Nematoda adalah penghuni tanah yang jumlahnya paling banyak, mencari makan dan berkembang biak di lapisan air di sekitar dan di dalam agregat tanah. Nematoda mempunyai beragam peran dalam proses kehidupan pada ekosistem tanah pertanian. Keberadaan nematoda mempresentasikan keanekaragaman hayati di muka bumi, terutama di bagian daratan. Melalui aktivitasnya, nematoda mempengaruhi proses penting dalam ekosistem pertanian, seperti degradasi bahan organik dan siklus karbon. Namun, sekelompok kecil spesies parasit tumbuhan mengakibatkan kerusakan tanaman pada sebagian besar siklus hidupnya. Oleh karena itu, nematoda seringkali dikaitkan dengan dampak kerugian yang ditimbulkan pada tanaman, namun sebenarnya, banyak kelompok nematoda yang mempunyai peran penting dalam ekosistem tanah pertanian. Hal tersebut di atas yang mendasari perlunya saya sampaikan topik tentang peran fungsional nematoda dalam keberlanjutan ekosistem pertanian sehat dalam rangka mendukung ketahanan pangan.

Hadirin yang terhormat,

Pengantar

Nematoda mewakili salah satu filum terbesar dalam Kingdom Animalia, baik dari segi keanekaragaman maupun kelimpahannya. Nematoda memiliki keragaman genetik dan plastisitas fenotipik yang memungkinkannya hidup dan menempati berbagai habitat (Viney & Diaz, 2012). Filum Nematoda dibedakan menjadi tiga kelompok monofiletik utama yakni Enoplea, Dorylaimea, serta Chromadorea (Hodda, 2022). Nematoda termasuk dalam kelompok Ecdysozoa, yaitu hewan yang dapat berganti kulit atau melepaskan kutikulanya. Struktur tubuh nematoda relatif sederhana dan dicirikan sebagai kelompok binatang yang tidak berkaki, tubuhnya berbentuk silindris memanjang. Pada dasarnya bentuk tubuh adalah “tabung di dalam tabung”. Tabung bagian dalam terdiri dari saluran pencernaan dan organ reproduksi yang dikelilingi oleh tabung luar. Tabung bagian luar merupakan dinding tubuh berisi serangkaian otot yang menempel pada hipodermis. Otot-otot tersebut diaktifkan oleh saraf dan kontraksinya memungkinkan nematoda untuk aktif bergerak. Pada nematoda parasit tumbuhan, struktur infeksi utama terhadap jaringan tanaman berupa stilet yang terletak di ujung anterior nematoda (Kouser et al., 2021).

Kelompok nematoda mencakup lebih dari 27.000 spesies, ditemukan hampir di setiap tempat di muka bumi, serta mewakili sekitar 80% dari keanekaragaman taksonomi dan fungsi metazoa massal di bawah permukaan tanah (Bongers & Bongers, 1998). Nematoda memiliki posisi penting secara ekologis dan ekonomi. Secara ekologis, nematoda berinteraksi dalam berbagai cara dengan beragam organisme pada jejaring makanan, mempengaruhi proses fisik seperti dekomposisi bahan organik, siklus karbon dan nutrisi, dan digunakan sebagai biomonitoring atau mempresentasikan sifat ekosistem dimana nematoda berada. Aspek ekonomi nematoda dapat berdampak positif (bila menyangkut pengendalian hama atau gulma) atau negatif (bila berdampak pada penurunan produksi tanaman (Bernard et al., 2017), penyakit pada hewan atau berdampak pada kesehatan manusia (Tahir et al., 2019; Swart et al., 2022)).

Hadirin yang saya muliakan,

Peran Nematoda dalam Jejaring Makanan pada Ekosistem Tanah

Kehidupan di dalam tanah mempresentasikan kehidupan mikroorganisme yang kompleks, meliputi mikrobiota (misalnya bakteri, jamur dan protista), mikrofauna (termasuk nematoda), mesofauna (misalnya mikroartropoda), dan makrofauna (misalnya cacing tanah). Namun, kelompok organisme ini tidak ada yang hidup secara terpisah, melainkan dalam bentuk bagian dari jaringan kompleks di dalam tanah, yaitu jejaring makanan tanah. Jejaring makanan terstruktur yang memfasilitasi aliran energi adalah ciri-ciri ekosistem tanah yang sehat dan berfungsi, serta penting dalam pemberian layanan ekosistem yang mencakup penyimpanan air, pengendalian erosi tanah, produksi makanan dan serat (Du Preez et al., 2022).

Nematoda yang hidup bebas di dalam tanah tersebar di beberapa tingkat trofik serta memainkan peran penting dalam jejaring makanan dalam ekosistem tanah. Kelimpahan dan keragaman kelompok makan nematoda, serta ukuran tubuh nematoda mempunyai korelasi dan mencerminkan efisiensi transfer trofik yang memberikan informasi penting dan berguna dalam memahami siklus karbon dan nitrogen dalam ekosistem tanah (Kamath et al., 2022). Nematoda mempunyai fungsi pada hampir semua kelompok trofik yang ada, termasuk herbivora, fungivora, bakterivora, predator, parasit, dan omnivore (Bongers & Bongers, 1998; Gao et al., 2021). Oleh karena itu, nematoda merupakan komponen kunci mikrobiota tanah, dan berkontribusi dalam mengatur beberapa proses ekosistem, seperti siklus mineral, proses suksesi, dan aliran energi (Bongers & Bongers, 1998). Nematoda juga sebagai sumber makanan untuk fauna lain. Hal ini menyebabkan nematoda dapat menyediakan nutrisi bagi setiap tingkat trofik makannya, sehingga dapat merefleksikan parameter sifat fisika kimia tanah, kandungan mineral C, N, dan lain sebagainya (Ferris, 2010). Selain itu, umur nematoda yang singkat (dalam satu siklus hidupnya terjadi dalam beberapa hari atau minggu atau bulan), menjadikannya lebih stabil dan fleksibel dalam mengkoloni, mengukur, dan menganalisis kondisi lingkungan dalam tanah dibandingkan organisme lainnya (Young & Unc, 2023).

Nematoda, menunjukkan kemampuan adaptasi yang bervariasi dan mempunyai berbagai peran, menjadikannya ideal untuk studi biologi, ekologi dan evolusi. Selain itu, nematoda juga terlibat dalam jaringan ekologi yang kompleks melalui interaksinya dengan organisme tanah lainnya, pada berbagai tingkatan tropik. Sebagai komponen penting dalam jejaring makanan dalam ekosistem tanah, nematoda mempunyai peran dalam semua proses tanah dan fungsi ekosistem. Nematoda terlibat dalam transformasi karbon (C) dan siklus unsur hara yang berasal dari akar tanaman yang masih hidup (“jalur langsung”) dan sisa tanaman yang sudah mati (“jalur tidak langsung”). Melalui aktivitas metabolisme dan perilakunya, nematoda berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman dan produktivitas primer, siklus C dan unsur hara, serta pengendalian hama dan penyakit melalui aktifitas nematoda entomopatogenik (nematoda pemakan serangga hama) (Lazarova et al., 2022).

Lebih rinci Ferris (2020) menjelaskan bahwa keberadaan nematoda yang hidup bebas di dalam tanah mempunyai fungsi mempersiapkan layanan yang bermanfaat dalam jejaring makanan, mengatur nematoda oportunistik melalui aktivitas predasi, mengatur populasi artropoda di dalam tanah melalui aktivitas nematoda entomopatogenik dan bakteri simbiotiknya, berperan dalam biodegradasi racun, mempengaruhi komposisi dan suksesi komunitas tumbuhan, sebagai *grazer* atau mengangkut organisme lain ke sumber daya baru, mengubah substrat untuk memberikan akses ke organisme lain, menyerap dan mendistribusikan kembali mineral, karbon, dan energi. Pada proses mineralisasi unsur hara tanah, nematoda predator atau nematoda yang memakan organisme lain akan menyerap lebih banyak N daripada yang dibutuhkan untuk struktur tubuhnya. Kelebihan N termineralisasi sebagai amonia, dikeluarkan dan tersedia untuk diserap oleh tanaman dan bakteri. Kadar N mineral tanah meningkat sebesar 20% atau lebih dengan keberadaan nematoda pemakan bakteri (nematoda bakterivora) dan pemakan jamur (nematoda fungivora).

Hadirin yang saya muliakan,

Nematoda Sebagai Bioindikator Kualitas Tanah

Seiring bertambahnya populasi manusia, permintaan akan sumber daya, terutama pangan juga meningkat. Dalam memenuhi peningkatan permintaan pangan, pengelolaan tanah yang tidak tepat seperti penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara intensif dan berlebihan dapat membahayakan kesehatan tanah. Tanah yang sehat sangat penting dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Kesehatan tanah adalah kapasitas tanah yang mendukung fungsi tanah sebagai sistem kehidupan berkelanjutan, mempertahankan produktivitas biologis, menjaga kualitas lingkungan udara dan air, serta meningkatkan kesehatan tanaman, hewan, dan manusia. Konsep kesehatan tanah sangat mirip dengan kualitas tanah, yaitu kapasitas jenis tanah tertentu untuk berfungsi, dalam batas-batas ekosistem alami atau yang dikelola, untuk mempertahankan produktivitas tanaman dan hewan, mempertahankan atau meningkatkan kualitas air dan udara, dan mendukung kualitas tanah, kesehatan manusia. Kesehatan tanah adalah kesinambungan kemampuan tanah untuk berfungsi sebagai tempat hidup dalam suatu ekosistem, mempertahankan produktivitas hayati, menjaga kualitas udara dan lingkungan air, serta menjamin kehidupan tanaman, hewan, dan kesehatan manusia (Qiaofang et al., 2020).

Kualitas tanah berkaitan dengan fungsi tanah, sedangkan kesehatan tanah merupakan karakteristik ekologis tanah, dan didefinisikan sebagai “suatu sistem yang hidup dan dinamis pada tanah yang fungsinya dimediasi oleh keanekaragaman organisme hidup yang memerlukan pengelolaan dan konservasi”. Penentuan kualitas tanah mempertimbangkan banyak parameter, dan penilaian kesehatan tanah memerlukan kombinasi indikator kimia, fisik, dan biologi yang komprehensif untuk menganalisa kesehatan tanah. Banyak metode yang digunakan untuk menilai kesehatan tanah termasuk *Wisconsin Soil Health Score Card* dan *Cornell Soil Health Assessment*. Namun, karena sebagian besar proses tanah dimediasi oleh organisme hidup, maka indikator biologis menjadi bagian penting ketika akan memantau suatu kualitas dan kesehatan tanah (Qiaofang et al., 2020). Tanah yang sehat sangat penting dalam keberlanjutan ekosistem pertanian.

Di antara berbagai jenis bioindikator ekosistem tanah (diantaranya mikrobial, protozoa dan metazoa), nematoda merupakan kelompok metazoa yang paling banyak digunakan karena mempunyai kepekaan (*sensitivity*) terhadap polutan dan gangguan dalam lingkungan tanah dan merupakan organisme akuatik multiseluler yang menghuni lapisan air yang mengelilingi partikel tanah (Ferris et al., 2001; Qiaofang et al., 2020). Nematoda juga dimanfaatkan sebagai perangkat biologis atau *biomonitoring* untuk keperluan mengukur perubahan fungsi dan status ekologis tanah. Hal ini dilakukan karena kemampuan nematoda yang menyebar dan terdistribusi di berbagai habitat, serta keberadaannya mempresentasikan berbagai tingkat trofik dalam jejaring makanan pada ekosistem tanah. Struktur komunitas nematoda juga mencerminkan kondisi habitat yang merupakan hasil akumulatif dari respon cepat terhadap gangguan lingkungan dan dampak pengelolaan tanah secara antropogenik (Du Preez et al., 2022).

Biomonitoring menggunakan taksa nematoda juga dikembangkan berdasarkan karakteristik siklus dan strategi hidup nematoda. Aras famili, genera, dan spesies nematoda yang hidup bebas (kecuali herbivora atau parasit tumbuhan dan parasit hewan) dikelompokkan ke dalam lima kelas kolonisasi-persister (c-p) yakni c-p-1, c-p-2, c-p-3, c-p-4, c-p-5, yang diurutkan dari *enrichment opportunist* hingga *extreme persister* (Bongers, 1990; Bongers & Ferris, 1999, Sieriebriennikov, 2014). Nematoda pada c-p-1 merupakan kelompok nematoda "*oportunis*", yaitu kelompok yang mampu menyelesaikan siklus hidupnya dalam waktu pendek (dua sampai beberapa hari), dan mampu merespons dengan cepat terhadap perubahan lingkungan. Akibatnya, nematoda c-p-1 menjadi dominan di lingkungan yang terganggu. Sebaliknya, nematoda kelompok c-p-5 merupakan kelompok yang "dapat bertahan atau resisten" dan umumnya toleran terhadap gangguan lingkungan, cenderung menghuni ekosistem yang stabil dan matang. Kelompok nematoda ini memiliki siklus hidup yang panjang dan berlangsung beberapa bulan. Proporsi kumpulan nematoda yang hidup bebas di setiap kelas c-p ditetapkan sebagai Indeks Kematangan (MI= *Maturity Indeks*) dan diasumsikan mewakili tingkat kestabilan suatu ekosistem (Qiaofang et al., 2020; Sieriebriennikov et al., 2014). Berdasarkan nilai c-p, juga dapat

ditentukan beberapa indeks yang digunakan sebagai indikator fungsi ekosistem, seperti *Plant Parasitic Index* (PPI), *Enrichment Index* (EI), *Structure Index* (SI), Basal (BI), dan *Channel* (CI) (Bongers et al., 1997; Nemaplex, diakses Desember 2023).

Hadirin yang saya muliakan,

Pada saat ini mulai banyak dikembangkan nematoda sebagai perangkat biologis terhadap cemaran lingkungan tanah. Komunitas nematoda cenderung dinamis, dan terus berubah (beradaptasi) dari waktu ke waktu, yang ditunjukkan oleh perubahan komposisi struktur komunitas nematoda dan dinamika kelimpahan atau populasi nematoda, sebagai akibat adanya perubahan faktor internal atau eksternal. Di lingkungan yang baru, komunitas nematoda beradaptasi menuju keseimbangan dan selanjutnya dapat mengungkap faktor eksternal yang berpengaruh terhadap perubahan ekosistem yang berlangsung. Spesies-spesies nematoda tertentu, terutama kelompok pemakan bakteri (misalnya, *Caenorhabditis elegans*, *Panagrellus redivivus*, *Plectus acuminatus*, *Monhystera disjuncta*) dapat digunakan untuk menguji toksisitas bahan kimia pada sampel lingkungan. Nematoda *C. elegans*, merupakan spesies yang paling umum digunakan untuk menilai toksisitas (i) senyawa beracun, seperti berat logam dan pestisida serta (ii) sampel tanah yang terkontaminasi bahan kimia lain (Lazarova et al., 2022).

Penelitian Lu et al., (2020) membuktikan bahwa perangkat biologis berupa analisis komunitas nematoda yang didasarkan pada *feeding behavior* (perilaku makan) dan peran fungsionalnya dapat mendeteksi adanya cemaran logam berat. Komposisi genera nematoda pemakan bakteri, Genus *Acrobeloides*, merupakan kelompok yang sensitif dalam merespon adanya cemaran logam berat dalam jangka pendek dalam tanah.

Pemanfaatan struktur komunitas nematoda sebagai biomonitoring adanya polutan tanah juga dilakukan oleh Renco et al., (2020). Kelompok nematoda tertentu yang sensitif terhadap polutan, maka pada lokasi yang paling terkontaminasi memiliki individu nematoda yang jauh lebih sedikit, jumlah genera yang lebih sedikit, adanya jejaring makanan yang kurang beragam dan terdegradasi

dengan biomassa nematoda yang lebih sedikit. Kandungan arsenik, timbal, dan seng secara signifikan berkorelasi negatif dengan jumlah nematoda kelompok bakterivora, predator, omnivora, parasit tanaman, dan fungivore. Kelompok nematoda tersebut jumlahnya jauh lebih sedikit di lokasi dengan tingkat cemaran tinggi. Korelasi ini menunjukkan bahwa kelompok nematoda dengan nilai c-p lebih tinggi, dan kelompok nematoda dengan nilai c-p 1 dan 2, dapat menjadi indikator yang berguna untuk mengetahui tingginya kontaminasi logam berat di wilayah yang tercemar dalam jangka waktu lama. Sebaliknya, kelimpahan nematoda parasit tanaman kelompok c-p 3 berkorelasi positif dengan kandungan tembaga, nikel, dan seng serta kadar air tanah. Indeks kematangan (*Maturity Index*) pada MI 2-5 merupakan indeks yang paling sensitif terhadap tingkat gangguan ekosistem tanah. Contoh nematoda: Acrobeles, Aphelenchoides, Aphelenchus, Seinura; c-p-3 = Rhabdolaimus, Diphtherophoridae, Tripylidae; c-p-4 = Alaimidae, Tylencholaimus, Dorylaimus, Mononchus; c-p-5 = Nygolaimus, Actinolaimus (Bongers, 1990; Bongers and Ferris, 1999; Sieriebriennikov, 2014).

Hadirin yang saya hormati,

Nematoda Sebagai Agens Hayati untuk Pengendali Hama Tanaman

Nematoda entomopatogenik atau nematoda pemakan serangga hama merupakan kelompok nematoda yang bermanfaat di bidang pertanian. Pemanfaatan Nematoda Entomo Patogenik (NEP) sebagai agens pengendali hayati untuk mengendalikan hama serangga semakin meningkat penggunaannya karena secara ekonomis lebih murah dan ramah lingkungan. Beberapa kelebihan lain penggunaan NEP adalah lebih efektif, tidak menimbulkan resistensi pada hama target, serta aman bagi organisme lain dan manusia. Asosiasi NEP dengan bakteri simbiosis menyebabkan mortalitas pada serangga hama dalam waktu kurang lebih 24 – 72 jam setelah infeksi (Dillman et al., 2012). NEP berpotensi sebagai agen pengendali karena ditemukan pada berbagai area, tipe tanah, dapat beradaptasi pada beberapa hama inang (host) (Grewal, 2012). NEP mempunyai jangkauan inang yang luas, khususnya pada Ordo Lepidoptera, Ordo Coleoptera dan Ordo Diptera.

Terdapat 2 genera NEP yang menunjukkan potensi sebagai agen pengendalian hayati hama yaitu Genus *Steinernema* dan Genus *Heterorhabditis*. NEP dapat diproduksi secara massal baik secara *in vivo* maupun *in vitro*. Komersialisasi dan keberhasilan penggunaan NEP untuk mengendalikan hama telah dibuktikan di Amerika Utara, Australia, Eropa dan Asia. Dua isolat NEP yaitu *Heterorhabditis zealandica* (SF41) dan *H. Bacteriophora* (SF351) efektif untuk mengendalikan hama (Zyl & Malan, 2014).

Pemanfaatan nematoda entomopatogenik (NEP) jenis *Steinernema* dan *Heterorhabditis* sebagai agens hayati juga banyak diteliti di Indonesia, mencakup studi eksplorasi dan identifikasi dari berbagai daerah di Indonesia (Chaerani & Nurbaeti, 2006; Maulida et al., 2021; Sunarto & Irwan, 2019, Ajri et al., 2023; Widiyaningrum et al., 2019). *Steinernema* sp. berpotensi mengakibatkan kematian hama penggerek buah kopi *Hypothenemus hampei* mencapai 39,5% (Siahaan et al., 2015), dan jenis nematoda *Heterorhabditis* spp. dapat menimbulkan mortalitas mencapai 43% pada larva *Spodoptera litura* (Maulida et al., 2021). Formulasi NEP sebagai agens hayati juga sudah dilakukan dalam bentuk cairan dan padatan (Wagiyana et al., 2019).

Hadirin yang saya muliakan,

Nematoda sebagai Faktor Kendala Produksi Tanaman

Nematoda parasit tumbuhan merupakan kelompok nematoda sebagai faktor pembatas dalam produksi pertanian, sebagian besar bersifat parasit pada bagian tanaman di bawah permukaan tanah dan beberapa jenis lain berasosiasi dengan bagian tanaman di atas permukaan tanah, yaitu menyerang pada bagian batang, daun, bunga dan biji. Perkiraan hilangnya produksi tanaman yang diakibatkan oleh serangan nematoda parasit tanaman mencapai 30%. Kerusakan tanaman oleh karena nematoda cukup bervariasi tergantung komoditas tanaman inang, jenis nematoda, dan berbagai faktor lain (Mandal et al., 2021). Mukhtar et al., (2018) bahkan menyebutkan kerusakan dapat mencapai 100%.

Kerusakan nematoda akan meningkat dengan adanya interaksi dengan faktor biotik dan faktor abiotik termasuk diantaranya patogen tular tanah, penurunan kesuburan tanah, berkurangnya keanekaragaman

hayati tanah, variabilitas iklim, dan kebijakan yang mempengaruhi pengembangan pilihan pengelolaan tanaman (Sikora et al., 2023). Nematoda parasitik tumbuhan tidak saja mengakibatkan kerusakan dan penurunan produksi tanaman, namun juga menjadi penyebab hilangnya reputasi nama baik suatu negara. Pada tahun 2020, produk ekspor komoditas pertanian negara Indonesia ditolak masuk ke negara Jepang karena ditemukan nematoda *Radopholus similis* pada jahe (MAFF, 2020).

Saat ini setidaknya terdapat lebih dari 4100 spesies nematoda parasit tumbuhan telah diidentifikasi. Secara kolektif, kerugian yang ditimbulkan oleh serangan nematoda parasit tanaman senilai \$80–\$118 miliar dolar AS per tahun (Bernard et al., 2017). Kerusakan tanaman dan penurunan produksi diakibatkan oleh berkurangnya kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara yang mengakibatkan penurunan kinerja agronomi, kualitas dan hasil panen secara keseluruhan. Menurut Jones et al., 2013, terdapat 10 besar kelompok nematoda parasit tanaman yang tersebar di seluruh dunia didasarkan aspek kajian ilmiah dan kerugian ekonomi yang ditimbulkan, yaitu 1). Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) 2). Nematoda pembentuk sista (*Heterodera* spp. Dan *Globodera* spp.), 3). Nematoda luka akar (*Pratylenchus* spp.), 4) Nematoda rongga akar (*Radopholus similis*), 5) Nematoda busuk umbi (*Ditylenchus dipsaci*); 6) Nematoda penyebab layu pada tanaman pinus **Bursaphelenchus xylophilus*), 7) Nematoda reniform (*Rotylenchulus reniformis*), 8) Nematoda vektor virus (*Xiphinema*), 9) Nematoda puru akar semu (*Nacobbus aberrans*), dan (10) Nematoda ujung daun putih (*Aphelenchoides besseyi*).

Setidaknya antara tahun 1990 sampai dengan 2023, telah ditemukan 33 genera nematoda parasitik di 16 propinsi dan 54 Kabupaten di Indonesia (Chaerani, 2022; Ajri et al., 2022; Maharani et al., 2023). Sebanyak 12 spesies nematoda parasitik tanaman tercatat merupakan spesies yang pertama kali ditemukan di Indonesia (Chaerani, 2022; Indarti et al., 2023). Nematoda tersebut mencakup *Meloidogyne graminicola* pada padi tahun 1990 (Erlan & Netcher, 1990), nematoda *Globodera rostochiensis* pada tanaman kentang (Mulyadi et al., 2003; Indarti et al., 2004), nematoda busuk umbi *Ditylenchus dipsaci* pada pertanaman bawang putih (Indarti et al.,

2018), nematoda akar padi *Hirschmaniella mucronata* (Indarti et al., 2020), *Tylenchorynchus annulatus* pada padi dan jagung (Indarti et al., 2023), dan *Helicotylenchus erythrinae* pada bawang putih (Maharani et al., 2023). Permasalahan dan sebaran nematoda parasitik tumbuhan di Indonesia semakin meluas dan perlu perhatian berbagai pihak.

Beberapa upaya pengendalian nematoda parasit tanaman telah dikembangkan terutama menggunakan agen pengendali hayati. Pengendalian ini tidak hanya mengendalikan populasi nematoda parasit tanaman, namun juga mendukung pertumbuhan dan ketahanan tanaman. Organisme bermanfaat seperti bakteri, jamur, virus, dan protozoa hidup secara alami yang bersifat antagonis terhadap nematoda dapat dikembangkan sebagai agens hayati (Bhat et al., 2023). Penelitian dan eksplorasi musuh alami untuk pengendalian nematoda parasit tumbuhan di Indonesia telah dilakukan, baik menggunakan jamur nematofagus (Indarti et al., 2010) maupun *Bacillus* (Widianto et al., 2021).

Hadirin yang saya muliakan,

Tantangan dan Peluang Pengembangan Nematologi

Ukuran nematoda yang mikroskopis membuat nematoda seringkali dianggap kurang penting di bidang pertanian, namun kelompok nematoda tertentu mempunyai dampak yang signifikan terhadap pertanian global. Penyebaran nematoda parasit dimungkinkan terjadi secara lintas negara melalui pergadangan komoditas pertanian secara internasional. Kerusakan pada tanaman yang terserang nematoda, tidak saja berdampak pada kerugian ekonomi namun juga reputasi suatu negara.

Kerugian ekonomi oleh nematoda yang belum banyak terdokumentasikan di daerah tropis menjadi tantangan tersendiri di bidang nematologi, terutama di Indonesia. Belum banyak laporan mengenai dampak perubahan pertanian, lingkungan, sosial ekonomi, dan kebijakan terhadap keberadaan nematoda parasit tanaman di daerah tropis dan kerugian ekonomi yang diakibatkannya. Meningkatnya penerapan diagnostik molekuler dapat memperlebar kesenjangan

pengetahuan antara ahli nematologi yang bekerja di negara maju dan di daerah tropis (De Waele &Elsen, 2007).

Ketidakpastian mengenai validitas spesies nematoda akan menimbulkan masalah praktis terkait tindakan karantina dan pengelolaan nematoda. Studi tentang interaksi antara nematoda dan patogen lain dalam kompleks penyakit memberikan peluang untuk penelitian multidisiplin dengan peneliti dari disiplin ilmu lain namun masih kurang dimanfaatkan. Kesulitan dalam mengenali ancaman nematoda yang muncul menghambat penerapan strategi pengelolaan secara tepat waktu, sehingga meningkatkan kehilangan hasil. Penelitian diperlukan untuk mengatasi tantangan ini.

Integrasi *Artificial Intelligence* (AI atau kecerdasan buatan) dalam nematologi membuka terobosan baru untuk penelitian dan pengembangan, menawarkan solusi inovatif untuk masalah yang kompleks, dan menjanjikan revolusi di bidang nematologi. Di Indonesia, khususnya di Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, implemtasi AI mulai dirintis pada tahun 2023. Pemanfaatan AI dalam nematologi dapat menjembatani permasalahan dalam identifikasi nematoda maupun pengelolaan nematoda parasit tanaman. Metode konvensional yang biasanya digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi nematoda, memerlukan keberadaan dan pengetahuan ahli taksonomi nematoda, serta membutuhkan waktu yang cukup lama terutama ketika jumlah sampel yang diidentifikasi sangat banyak. Namun, aplikasi AI mengubah skenario ini. Pembelajaran mesin dengan metode *deep learning*, khususnya *convolutional neural networks* dapat digunakan untuk mengefisienkan proses identifikasi nematoda, membedakan antar genus nematoda parasitik tumbuhan serta membedakan jenis nematoda parasitik tumbuhan dan non parasitik tumbuhan melalui data citra mikroskopis nematoda (Angeline et al., 2023; Shabrina et al., 2023a; Shabrina et al., 2023b). Penerapan AI untuk klasifikasi nematoda berbasis pemrosesan citra dapat menjadi alternatif untuk mempercepat proses identifikasi karena mampu untuk mendeteksi ciri-ciri nematoda yang diskriminatif berdasarkan fitur karakteristik morfologinya.

Para peneliti telah mengembangkan algoritma yang dapat menganalisis kumpulan data gambar nematoda untuk mengidentifikasi

spesies yang berbeda secara cepat dan akurat. Penerapan AI lainnya dalam bidang nematologi adalah dalam bidang pengelolaan hama. Model prediktif yang didukung oleh AI digunakan untuk memperkirakan adanya serangan nematoda pada suatu wilayah. Model ini menganalisis berbagai faktor seperti pola cuaca, rotasi tanaman, dan kondisi tanah untuk memprediksi kemungkinan serangan nematoda. AI dapat menganalisis data dalam jumlah besar dan membuat prediksi berdasarkan pola historis untuk membantu petani mengendalikan hama, termasuk nematoda parasit tanaman, dengan lebih efektif. Pemantauan dan pengambilan keputusan yang menyeluruh sangat penting untuk efektivitas pengelolaan hama tanaman dan hal tersebut dapat ditingkatkan melalui penggunaan *AI*.

Hadirin yang terhormat,

Penutup

Kelompok nematoda parasit tumbuhan mendapat perhatian paling besar karena dampaknya yang relevan terhadap produksi tanaman dan pencapaian ketahanan pangan. Namun, keanekaragaman hayati nematoda yang hidup bebas di ekosistem pertanian (kelompok nematoda non-parasitik) berkontribusi terhadap status kualitas dan ketahanan ekosistem pertanian (yaitu kapasitas untuk menekan perkembangan nematoda parasit dan patogen tanaman) dalam interaksi kompleks antara sifat biologis, kimia, dan fisik.

Sebagai penutup dari pidato saya, seiring dengan permasalahan di bidang pertanian yang terus meningkat maka memerlukan kolaborasi berbagai bidang, termasuk nematologi. Kajian ilmiah tentang nematoda yang terus berkembang dan dihasilkan, dapat berkontribusi dalam memecahkan beberapa masalah ketahanan pangan. Kondisi mendasarnya adalah adanya akses bebas terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan inovasi dalam teknologi serta peningkatan kerja sama (*networking*) penelitian regional dan internasional sehingga nematologi mempunyai kontribusi yang lebih besar dan memiliki banyak manfaat dalam proses produksi pertanian. “*Nematology for better agriculture*”

Hadirin yang saya muliakan,

Penghargaan dan ucapan Terima Kasih

Saya menyadari bahwa jabatan akademik tertinggi sebagai Guru Besar dapat tercapai atas izin dan anugerah Allah Swt serta bimbingan, arahan, didikan terutama maupun bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberi amanah sebagai Guru Besar di bidang Nematologi Pertanian, di Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian UGM. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor, Senat Akademik, Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada. Dekan dan para Wakil Dekan, Senat Akademik Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Ketua dan Sekretaris Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan serta Bapak Ibu yang telah memberikan kesempatan, dukungan, bantuan serta persetujuan dalam proses pengusulan jabatan fungsional Guru Besar.

Ucapan terima kasih dan penghargaan, saya sampaikan kepada para guru yang telah berjasa dalam memberikan ilmu pengetahuan mulai dari pendidikan pra sekolah di TK Pertiwi; Sekolah Dasar (SD) N Keden, Pedan; SMP N 2 Klaten; SMA N 1 Klaten, serta para dosen saat saya menempuh pendidikan S1 di Fakultas Pertanian UGM, Program Pasca Sarjana S2 Ilmu Hama Tumbuhan, dan S3 Program Ilmu Pertanian Minat Hama. Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Alm. Ir. Supratoyo yang telah membimbing dan memberi kesempatan belajar dan mendalami bidang nematologi. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Mulyadi, M.Sc. yang telah berkenan memberikan arahan, motivasi, maupun tauladan sebagai pendidik untuk menekuni karier di bidang nematologi, juga para senior saya di bidang nematologi.

Kepada tim pembimbing selama saya menempuh program S3: Prof. Dr. Ir. Mulyadi, M.Sc., Ir. Donny Widiyanto, Ph.D., dan Dr. Ir. Jaka Widada, MP diucapkan banyak terima kasih dan penghargaan atas bimbingan dan arahan selama pendidikan program Doktor. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Siti Subandiyah, M.Agr.Sc. atas tauladan, arahan dan bimbingan dalam pengembangan

ilmu di Adelaide University untuk mendalami bidang nematologi dan College of Agriculture and Life Sciences (CALs), Seoul National University (SNU), Korea Selatan untuk pelaksanaan sebagian penelitian S3 dalam “*sandwich like programme*” dari DIKTI. Kepada Prof. Kim Young Ho sebagai Head of Laboratorium Clinical Plant Pathology and Nematology, CALs, Seoul National University (SNU), terima kasih atas kesempatan dan bimbingan yang diberikan untuk melaksanakan sebagian penelitian untuk program S3 hingga penulisan publikasi ilmiah. Penghargaan dan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ian Timothy Riley, Affiliate Associate Professor, Plant Protection Group, School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide, South Australia yang telah memberi kesempatan untuk memperdalam ilmu dalam program *Training on Nematology*.

Terima kasih dan penghargaan saya sampaikan kepada Manajemen PIAT (Pusat Inovasi Agro Teknologi) UGM periode 2015-2018 dan 2018-2023, Prof. Dr. Ir Bambang Suhartanto, DEA. IPU; Dr. Hendri Yuliando, Dr. drh. Dirgo Aji, Prof. Ir. Chandra Wahyu Purnomo, ST., ME., M.Eng, D.Eng, IPM., Prof. Dr. Ir Taryono, M.Sc., dan Dr. Susilohadi beserta staff atas kesempatan bekerjasama yang penuh kekeluargaan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Siti Subandiyah, M.Agr. Sc., Prof. Ir. Irfan Dwija Priyambada, M.Eng., Ph.D., dan Prof Dr. Ir. Taryono, M. Sc. atas bimbingan dan pengalaman kolaborasi penelitian yang menginspirasi. Para sejawat dosen, tenaga pendidik, laboran di Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Prof. Bambang Hadisutrisno, Prof. Susanto, Prof. Andi Trisyono, Prof. Achmadi Prijatmojo, Prof. Edhi Martono, Prof. Triwidodo Arwiyanto, Prof. FX. Wagiman, Dr. Tri Joko, Dr. Arif Wibowo, Dr. Witjaksono, Dr. Arman Wijanarko, Alan Soffan, PhD., Dr. Tri Harjaka, Dr. Nugroho Susetyo Putra, Dr. Sedyo Hartono, Dr. Suputa, Ani Widiastuti, PhD., Dr. Suryanti, Dr. Sulandari atas kebersamaan, kekeluargaan dan saling support dalam keluarga besar Departemen HPT. Kepada Mb Istikhana, adik-adik mahasiswa yang berkomitmen di bidang nematologi, khususnya Rina Maharani, SP.,

M.Sc., Ayu Suci W., S.P., Nada Ayu Nurlaini, S.P., Mutala'lah S.P., M.Sc. terima kasih atas kerjasamanya.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Y. Andi Trisyono, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Benito Heru Purwanto, MP, M.Agr. yang telah berkenan menelaah dan memberi masukan untuk naskah pidato pengukuhan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Dr. R.A. Siti Ari Budhiyanti, S.T.P., M.P, atas dukungan serta motivasi yang selalu diberikan selama proses pengajuan kenaikan pangkat. Terima kasih juga kepada Pak Axel dan Pak Sunaryanto.

Kepada panitia pengukuhan guru besar yang dikoordinasi oleh Bu Ani Widiatuti beserta bapak ibu dosen, tendik, adik-adik mahasiswa (Morindya, Nada, Pinasindi, Zulaeha, Arsyad, Safina, Belinda, Luluk, Dicky, Daffa, Hanifan, Faris, Tyas, Tiara, Diaz, Mutalaliah dan khususnya Mb Rina), terima kasih atas kerja keras dan kerja kompak sehingga acara pengukuhan hari ini terlaksana dengan sangat baik.

Kepada keluarga tercinta, kedua orang tua Alm. Bapak Agus Sudarto, BA beserta Almh. Ibu Sukarni, terima kasih atas kasih sayang, didikan, tauladan dan do'a yang selalu dipanjatkan untuk putri dan putranya. Semoga Allah Swt senantiasa melimpahkan rahmatNya. Kepada adik-adik saya : Ir. Sigit Marsono MM dan istri Unun Pratiwi beserta anak-anak; Wisnu Ari Wibowo, ST dan istri Ernawati Pratiwi beserta anak-anak; dan Suseno Wahyu Purnomo, ST dan istri Kiki Khrisnawati beserta anak-anak, terima kasih atas kekeluargaan, kehangatan dan saling support dan membantu dalam keluarga besar Dwijo Sumarto.

Kepada bapak ibu mertua Alm. Bapak Sumadi dan Almh. Ibu Ponirah terima kasih atas kasih sayang serta tauladan dalam menjalani dan menyikapi setiap hal dalam berkehidupan. Kepada kakak-kakak dan adik ipar : Mba Sudarsih beserta suami Mas Susilo; Mba Mamik dan Alm. Mas Edi Kustantyo, SE.; Mas Drs. Sutriyono dan mba Dra. Titik Budiarti; Almh. Mba Suhartinie, SE dan suami; Almh. Mb Sri Sumiatun, SE dan keluarga; Mas Guntoro, SE dan keluarga;Dik Ir. Hengki Herwanto, MP dan istri; serta keponakan-keponakan atas kehangatan dan kekeluargaan yang selalu terjalin selama ini. Kepada

kedua besan saya, Alm. Bp Agus Setiyanto beserta Ibu Dra. Suharyani, Bp. Ir Agus Wachid beserta Ibu Indarwati, terima kasih atas persaudaran dan semua perhatiannya.

Kepada keluarga kecil saya, suami tercinta, Mas Drs. Sulistiyono, M.Si terima kasih atas cinta kasih, kesabaran, pengertian, dukungan serta semangat yang selalu diberikan dalam kehidupan berkeluarga dan meniti karier. Anak-anak tercinta, Mas Luthfi Rizal Listyandi dan Mba Maya Surraya Dewi, Mba Nabila Husna Shabrina dan Mas Andre Aginsa, dan Dik Nazhifa Nasywa Nisrina, serta cucu-cucu tersayang Aimar Hamizan Fergiandi, Muhammad Arfa Rafindra Fergiandi dan Devan Aksa Resava. Kalian adalah sumber kekuatan, inspirasi dan semangat yang selalu menyertai dalam setiap proses kehidupan dan pencapaian karier saya selama ini. Semoga Allah Swt senantiasa melimpahkan kesehatan, rahmat, berkahNya untuk keluarga kita.

Kepada seluruh hadirin yang saya muliakan, baik yang hadir secara luring di Balai Senat UGM maupun hadir secara daring, saya ucapkan banyak terima kasih atas kesabaran, perhatian serta berkenan meluangkan waktu sampai acara pidato pengukuhan Guru Besar ini selesai. Semoga Allah Swt melimpahkan rohmat dan berkahNya. Mohon do'a restu Bapak Ibu semua, semoga amanah sebagai Guru Besar dapat saya laksanakan sebaik-baiknya serta memberikan kemanfaatan untuk institusi dan masyarakat luas.

Wassalammu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Terima kasih.

Referensi

- Ajri, M., S. Indarti, A. Soffan, N.N. Huu. 2021. Morphological and phylogenetic characteristics of *Ditylenchus dipsaci* among garlic plants. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(4): 769 – 773, DOI: <https://doi.org/10.54319/jjbs/140418>.
- Ajri, M., D.D.Aisyah, A.R. Ulilalbab. 2023. Exploration of entomopathogenic nematodes in organic rice field in Sleman Regency. *Sustainable Environment Agricultural Science*, 7(2).
- Angeline, N., N.H. Shabrina, S. Indarti. 2023. Faster region-based convolutional neural network for plantparasitic and non-parasitic nematode detection, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 30(1): 316-324, DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v30.i1.pp316-324>.
- Arne Ha`Gerba`Umer, Sebastian Ho` SS, Peter Heininger, and Walter Traunspurger. 2015. Experimental Studies with Nematodes in Ecotoxicology: An Overview. *Journal of Nematology* 47(1):11–27. 2015.
- Chaerani & B. Nurbaeti. 2006. Efektivitas nematoda patogenik serangga (Rhabditida: Steinernema dan Heterorhabditis) terhadap penggerek batang padi putih (*Scirpophaga innotata*). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 12(2):92-103.
- Bernard GC, Egnin M and Bonsi C. 2017. The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture and methods of control. *Nematology - Concepts, Diagnosis and Control*. InTech. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.68958>.
- Bhat, A.A., Shakeel, A., Waqar, S., Handoo, Z.A., Khan, A.A. 2023. Microbes vs. nematodes: insights into biocontrol through antagonistic organisms to control root-knot nematodes. *Plants*, 12: 451. <https://doi.org/10.3390/plants12030451>
- Bongers, T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14e19.
- Bongers, T., van der Meulen, H. & Korthals, G. 1997. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant

- parasite index under enriched nutrient conditions *Applied Soil Ecology* 6, 195-199.
- Bongers, T., & Bongers, M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10, 239–251. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00123-1)
- Bongers, T., & H. Ferris. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evol.* 14: 224e228.
- Ciancio, A. 2015. Nematology, crop protection and food security. *Nematology*, 17(10), 1127-1140. <https://doi.org/10.1163/15685411-00002942>
- De Waele, D., & Elsen, A. (2007). Challenges in tropical plant nematology. *Annual Review of Phytopathology*, 45, 457–485. doi: 10.1146/annurev.phyto.45.062806.094438
- Dillman, A.R., Chaston, J.M., Adams, B.J., Ciche, T.A., Goodrich-Blair, H., Stock, S.P., Sternberg, P.W. 2012. An entomopathogenic nematode by any other name. *PLoS Pathogens*, 8(3): p.e1002527, <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002527>
- Du Preez, G., Daneel, M., De Goede, R., Du Toit, M. J., Ferris, H., Fourie, H., Geisen, S., Kakouli-Duarte, T., Korthals, G., Sánchez-Moreno, S., & Schmidt, J. H. 2022. Nematode- based indices in soil ecology: application, utility, and future directions. *Soil Biology and Biochemistry*, 169, 108640. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108640>
- Ferris, H. 2010. Contribution of Nematodes to the Structure and Function of the Soil Food Web. *Journal of Nematology*, 42(1), 63-67. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3380510/>
- Ferris, H., Bongers, T., & De Goede, R. 2001. A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18(1), 13-29. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00152-4)
- Gao, D., Moreira-Grez, B., Wang, K., Zhang, W., Xiao, S., Wang, W., Chen, H., & Zhao, J. 2021.

- Effects of ecosystem disturbance on nematode communities in calcareous and red soils: Comparison of taxonomic methods. *Soil Biology and Biochemistry*, 155, 108162. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108162>
- Grewal, P.S. Entomopathogenic nematodes as tools in integrated pest management. *Integrated pest management: principles and practice*. Wallingford, UK: Cabi Publishing, 2012. p.162-236.
- Hassan, M. Auwal, Thi Hoa Pham, Hongli Shi & Jingwu Zheng. 2013. Nematodes threats to global food security, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 63:5, 420-425, DOI: 10.1080/09064710.2013.794858
- Hodda, M. (2011). Phylum Nematoda Cobb 1932. In: Z.-Q. Zhang (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* (Vol. 3148, pp. 63–95). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3148.1.11>
- Indarti, S., A. Soffan, M.M.F. Andrasmara. 2020. First record of *Hirschmanniella mucronata* (Nematoda: Pratylenchidae) in Yogyakarta, Indonesia, *Biodiversitas*, 21(5): 2068-2073, DOI: 10.13057/biodiv/d210533.
- Indarti, S., A. Wibowo, S. Subandiyah, M. Ajri. 2018. First Record: A stem and bulb plant parasitic nematode at garlic area centre Temanggung, Central Java, Indonesia with Species Reference to *Ditylenchus dipsaci*, *Jurnal Perlindungan tanaman Indonesia*, 22 (2): 233-237, DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.35321>.
- Indarti, S., R. Maharani, T. Taryono, D. De Waele. 2023. Detection of the stunt nematode *Tylenchorhynchus annulatus* in the rhizosphere of rice and corn in Indonesia, *Australasian Plant Disease Note*, 18(3): 1-4, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13314-023-00488-0>.
- Jones, J. T., Haegeman, A., J. Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., K. Jones, M. G., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., L. Wesemael, W. M., & Perry, R. N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9), 946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>

- Kamath, D., Barreto, C., & Lindo, Z. 2022. Nematode contributions to the soil food web trophic structure of two contrasting boreal peatlands in Canada. *Pedobiologia*, 93-94, 150809. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150809>
- Kouser, Y., Shah, A. A., & Rasmann, S. 2021. The functional role and diversity of soil nematodes are stronger at high elevation in the lesser Himalayan Mountain ranges. *Ecology and Evolution*, 11(20), 13793-13804. <https://doi.org/10.1002/ece3.8061>
- Lazarova, S., Coyne, D., Peteira, B., & Ciancio, A. 2021. Functional diversity of soil nematodes in relation to the impact of agriculture—a review. *Diversity*, 13(2), 64. <https://doi.org/10.3390/d13020064>
- Lü, Y., Chen, X., Xue, W. F., & Zhang, W. D. 2020. Short-term effects of cadmium and mercury on soil nematode communities in a pot experiment. *Helminthologia*, 57(2), 145-153. <https://doi.org/10.2478/helm-2020-0015>
- MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Japan). 2020. MAFF Plant Protection Station: Important Notice. << <https://www.maff.go.jp/pps/j/information/shomeisho/attach/pdf/shomeisho2-7.pdf>>>
- Maharani, R., Indarti, S., A. Soffan, S. Hartono. 2023. *Aphelenchoides varicaudatus* (Nematoda: Aphelenchoididae) and *Helicotylenchus erythrinae* (Nematoda: Hoplolaimidae) from garlic plantation in Magelang, Central Java, Indonesia, *Helminthologia*, 60(1): 94-105. DOI: <https://doi.org/10.2478/helm-2023-0007>.
- Mandal, H.R., S. Katel, S. Subedi, J. Shrestha. 2021. Plant parasitic nematodes and their management in crop production: e review. *Journal of Agriculture and Natural Resources* (2021) 4(2): 327-338. DOI: <https://doi.org/10.3126/janr.v4i2.33950>.
- Maulida, H.C., S. Rokhim, E. Zahro'in. 2021. Patogenitas Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* spp. terhadap Larva *Spodoptera litura*. *Jurnal Al-azhar Indonesia*, 6(2).
- Morais, D.C.O., M.A. Tramontin, V. Andalo. 2020. Isolation of entomopathogenic nematodes in the west region of Santa

- Catarina, Brazil. *Phytopathology/Scientific Communication*, 87(1-6).
- Mukhtar, T., Jabbar, A., Raja, M. U., & Javed, H. 2018. Re-emergence of wheat seed gall nematode (*Anguinatritici*) in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.sc4>.
- Nemaplex. Indices of Ecosystem Condition and Function derived by Nematode Faunal Analysis. <<http://nemaplex.ucdavis.edu/Ecology/Indices_of_ecosystem_condition.html>> diakses Desember 2023.
- Power. Alison G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2010)365, 2959–2971. doi:10.1098/rstb.2010.01432959.
- Prabowo, H., S. Adikadarsih, J. Damaiyani. 2019. Mass production of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* on *Tenebrio molitor* and *Spodoptera litura*. *Biodiversitas*, 20(5):1344-1349.
- Qiaofang LU, Tongtong LIU, Nanqi WANG, Zhechao DOU, Kunguang WANG, Yuanmei ZUO. A review of soil nematodes as biological indicators for the assessment of soil health. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 2020, 7(3): 275–281 <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2020327>
- Renčo, M., Čerevková, A., & Hlava, J. 2022. Life in a contaminated environment: how soil nematodes can indicate long-term heavy-metal pollution. *Journal of Nematology*, 54(1). <https://doi.org/10.2478/jofnem-2022-0053>
- Richardson, R. B. (2010). Ecosystem services and food security: economic perspectives on environmental sustainability. *Sustainability*, 2(11), 3520-3548. <https://doi.org/10.3390/su2113520>
- Shabrina, N.H., R.A. Lika, S. Indarti. 2023. Deep learning models for automatic identification of plant-parasitic nematodes, *Artificial Intelligence in Agriculture*, 7: 1-12, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2022.12.002>.
- Shabrina, N.H., S. Indarti, R.A. Lika, R. Maharani. 2023. A comparative analysis of convolutional neural networks

- approaches for phytoparasitic nematode identification, *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, 65: 1-27, DOI: <https://doi.org/10.28919/cmbn/7993>.
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H., & De Goede, R. G. 2014. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, 61, 90-93. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.02.004>
- Sikora, R. A., Helder, J., Molendijk, P. G., Desaeger, J., & Mahlein, K. 2023. Integrated nematode management in a world in transition: constraints, policy, processes, and technologies for the future. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-113058>
- Silver WL, Perez T, Mayer A, Jones AR. 2021 The role of soil in the contribution of food and feed. *Phil. Trans. R. Soc. B* 376: 20200181. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0181>
- Swart, Z., Duong, T. A., Wingfield, B. D., Postma, A., & Slippers, B. 2022. The relevance of studying insect–nematode interactions for human disease. *Pathogens and Global Health*, 116(3), 140-145. <https://doi.org/10.1080/20477724.2021.1996796>
- Tahir D, Davoust B, Parola P. 2019. Vector-borne nematode diseases in pets and humans in the Mediterranean Basin: An update, *Veterinary World*, 12(10): 1630-1643. doi: [10.14202/vetworld.2019.1630-1643](https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1630-1643)
- Viney, M., & Diaz, A. 2012. Phenotypic plasticity in nematodes: Evolutionary and ecological significance. *Worm*, 1(2), 98-106. <https://doi.org/10.4161/worm.21086>
- Wagiyana, D. Sulistyanto, J. Waluyo. 2019. Mass production of entomopathogenic nematodes of local isolates as biological control agents of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr.). *J.HPT Tropika*, 19(1): 8-14.
- Widiyaningrum, P., N. Subekti, B. Priyono. 2019. Ecological characterization of local entomopathogenic nematodes *Steinernema* sp. and its pathogenicity test against termites *Macrotermes* sp. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 41(2):459-464.
- Young, E.H., & Unc, A. 2023. A review of nematodes as biological indicators of sustainable functioning for northern soils

undergoing land-use conversion. *Applied Soil Ecology*, 183: 104762. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104762>.

Zyl, Carolien van and Malan, Antoinette. 2014. The role of entomopathogenic nematodes as biological control agents of insect pests, with emphasis on the history of their mass culturing and in vivo production. *African Entomology* 22(2):235-249. DOI: 10.4001/003.022.0222

BIODATA



Nama : Prof. Dr. Ir. Siwi Indarti, M.P.
TTL : Klaten, 19 Desember 1964
NIP : 196412191993032001
Keluarga
Suami : Drs. Sulistiyono, M.Si.
Anak & menantu :
1. Ir. Luthfi Rizal Listyandi, ST, MT & Maya Surraya Dewi, ST
2. Nabila Husna Shabrina, ST., MT & Andre Aginsa, ST., MT
3. Nazhifa Nasywa Nisrina
Cucu : 1. Aimar Hamizan Fergiandi
2. Muhammad Arfa Ravindra Fergiandi
3. Devan Aksa Resava

Riwayat Pendidikan

SD : SDN 1, Keden, Pedan, Klaten [Lulus 1976]
SMP : SMPN 2 Klaten [Lulus 1980]
SMA : SMAN 1 Klaten [Lulus 1983]
Sarjana : Progran Studi Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, UGM, Yogyakarta [Lulus 1988]
Master : Magister Ilmu Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, UGM, Yogyakarta [Lulus 1998]

Doktor : Ilmu Pertanian, Minat Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian,
UGM, Yogyakarta [Lulus 2011]

Riwayat Pekerjaan

- 1993 – saat ini : Dosen Departemen Hama dan Penyakit
Tumbuhan, Fakultas Pertanian UGM
- 2011 – 2014 : Kepala Laboratorium Nematologi, Departemen
HPT, Fakultas Pertanian UGM
- 2015 – 2018 : Kepala Bidang Pertanian dan Pangan, Pusat
Inovasi Agroteknologi (PIAT) UGM
- 2018 – Januari 2023 : Kepala Bidang Pengelolaan Sumber daya Pangan
Berkelanjutan, Pusat Inovasi Agroteknologi
(PIAT) UGM
- 1 Februari –
30 September 2023 : Plt Kepala Bidang Layanan Akademik, Pusat
Inovasi Agroteknologi (PIAT) UGM
- Januari 2024 –
Januari 2026 : Sekretaris Departemen Hama dan Penyakit
Tumbuhan, Fakultas Pertanian UGM

Pengalaman dalam Merumuskan Kebijakan Pemerintah

- 2023 Anggota Tim Independen dalam Kegiatan Penilaian Calon
Benih G3 Kentang Industri, Direktorat Jenderal Hortikultura,
Kementerian Pertanian, RI

Publikasi Jurnal Terpilih dalam 5 Tahun Terakhir

- 2023 *Aphelenchoides varicaudatus* (Nematoda: Aphelenchoididae)
and *Helicotylenchus erythrinae* (Nematoda: Hoplolaimidae)
from Garlic Plantation in Magelang, Central Java, Indonesia,
Helminthologia, Vol. 60, No 1, Hlm. 94-105. DOI:
<https://doi.org/10.2478/helm-2023-0007>. [Penulis: Rina
Maharani, **Siwi Indarti**, Alan Soffan, Sedyo Hartono]
- 2023 Abundance and diversity of plant parasitic nematodes
associated with vegetable cultivation on various types of organic
fertilizers, *Biodiversitas*, Vol. 24, No. 2, Hlm. 1010-1016. DOI:
[10.13057/biodiv/d240241](https://doi.org/10.13057/biodiv/d240241). [Penulis: **Siwi Indarti**, Taryono,

Chandra Wahyu Purnomo, Ayu Suci Wulandari, Rina Maharani]

- 2023 Biocontrol Potential of Nematode-Targeting Fungi from Coffee Plant Rhizosphere Against *Pratylenchus coffeae* Root Lesion, Pakistan Journal of Phytopathology, Vol. 35, No. 2, Hlm. 451-458. DOI:10.33866/phytopathol.035.02.1041. [Penulis: Nur Isnaini, **Siwi Indarti**, Donny Widiyanto, Tri R. Nuringtyas, Nur A. Arofathullah, Irfan D. Prijambada]
- 2023 Detection of the stunt nematode *Tylenchorhynchus annulatus* in the rhizosphere of rice and corn in Indonesia, Australasian Plant Disease Note, Vol. 18, No. 3, Hlm. 1-4, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13314-023-00488-0>. [Penulis: **Siwi Indarti**, Rina Maharani, Taryono Taryono, Dirk De Waele]
- 2023 Deep Learning Models for Automatic Identification of Plant-Parasitic Nematodes, Artificial Intelligence in Agriculture, Vol. 7, Hlm. 1-12, DOI <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2022.12.002>. [Penulis: Nabila Husna Shabrina, Ryukin Aranta Lika, **Siwi Indarti**]
- 2023 Transfer Learning using Hybrid Convolution and Attention Model for Nematode Identification in Soil Ecology. Revue d'Intelligence Artificielle. Volume 37, Issue 4, Pages 945 – 953. DOI :10.18280/ria.370415. [Penulis: Ryukin Aranta Lika, Nabila Husna Shabrina, **Siwi Indarti**, Rina Maharani]
- 2023 Faster Region-Based Convolutional Neural Network for Plantparasitic and Non- Parasitic Nematode Detection, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 30, No. 1, Hlm. 316-324, DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v30.i1.pp316-324>. [Penulis: Natalia Angeline, Nabila Husna Shabrina, **Siwi Indarti**]
- 2023 A Comparative Analysis of Convolutional Neural Networks Approaches for Phytoparasitic Nematode Identification, Communications in Mathematical Biology and Neuroscience, No. 65, Hlm. 1-27, DOI: <https://doi.org/10.28919/cmbn/7993>. [Penulis: Nabila Husna Shabrina, **Siwi Indarti**, Ryukin Aranta Lika, Rina Maharani]

- 2023 Optimization of DNA Extraction Methods for Genomic Analysis of Rice Root-Knot Nematode (*Meloidogyne graminicola*) Using PCR (Polymerase Chain Reaction) And Sanger Sequencing, Journal of Plant Protection Research, Vol. 63, No. 1, Hlm. 50-58, [DOI: 10.24425/jppr.2022.144416](https://doi.org/10.24425/jppr.2022.144416). [Penulis: Rendyta Morindya, **Siwi Indarti**, Alan Soffan, Sedyo Hartono]
- 2023 Evaluation of Nematode DNA Extraction Methods for Species Identification Of Root Rice Nematode (*Hirschmanniella* spp.), Archives of Phytopathology and Plant Protection, Vol. 56, No. 2, Hlm. 127-136, [DOI: 10.1080/03235408.2023.2178057](https://doi.org/10.1080/03235408.2023.2178057). [Penulis: Nikkie Ratya Alma, **Siwi Indarti**, Sedyo Hartono, Alan Soffan]
- 2022 Identification of The Root-Knot Nematode Species Associated with *Carica papaya*, Biodiversitas, Vol. 23, No. 12, DOI: 10.13057/biodiv/d231216. [Penulis: Stella Nostra Gracia Plena, **Siwi Indarti**, Ani Widiastuti, Nugroho Susetyo Putra]
- 2021 Assessment of Root-Knot Nematode Resistance in Eggplant Accessions by using Molecular Markers, SABRAO Journal of Breeding and Genetics, Vol. 53, No. 3, Hlm. 468-478. [Penulis: Aida Ainurrachmah, Taryono, **Siwi Indarti**]
- 2021 The Effect of Abiotic Factors and Elevation on the Diversity of Plant Parasitic Nematodes in Garlic on Central Java, Indonesia, Sarhad Journal of Agriculture, Vol. 37, Hlm. 75-83, Special Issue. [Penulis: Ayu Suci Wulandari, **Siwi Indarti**, Muhannad Illayan Massadeh, Nguyen Van Minh]
- 2021 Plant Parasitic Nematode Abundance and Diversity in Potato (*Solanum tuberosum*) Cultivation at Various Altitudes in Wonosobo and Banjarnegara, Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 25, No. 2, Hlm. 95-105, DOI: 10.22146/jpti.26018. [Penulis: Khairunnisa Lubis, **Siwi Indarti**, Nugroho Susetya Putra]
- 2021 Potato Cyst Nematode-Infected Soil as A Source of Egg and Cyst Parasitic Fungi as Potential Biocontrol Agents, Archives of Phytopathology and Plant Protection, Vol. 54, No. 13-14, Hlm. 850-869, [DOI: 10.1080/03235408.2020.1857152](https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1857152).

[Penulis: **Siwi Indarti**, Donny Widiyanto, Mulyadi Mulyadi, Jaka Widada]

- 2021 Bacillus Is One of The Most Potential Genus as A Biocontrol Agent of Golden Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis*), Archives of Phytopathology and Plant Protection, Vol. 54, No. 19-20, Hlm. 2191-2205, DOI: [10.1080/03235408.2021.1925501](https://doi.org/10.1080/03235408.2021.1925501). [Penulis: Donny Widiyanto, Ajeng Dara Pramita, Irianti Kurniasari, Nur Akbar Arofattullah, Irfan Dwidya Prijambada, Jaka Widada, **Siwi Indarti**]
- 2021 Identification of Pathogens Causing Bulb Rot Disease on Garlic (*Allium sativum* L.) in Central Java, Indonesia, Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 25, No. 1, Hlm. 74-85, DOI: [10.22146/jpti.64743](https://doi.org/10.22146/jpti.64743). [Penulis: Lutfi Arifin, **Siwi Indarti**, Arif Wibowo]
- 2021 Morphological and Phylogenetic Characteristics of *Ditylenchus dipsaci* among Garlic Plants, Jordan Journal of Biological Sciences, Vol. 14, No. 4, Hlm. 769 – 773, DOI: <https://doi.org/10.54319/jjbs/140418>. [Penulis: Miftahul Ajri, **Siwi Indarti**, Alan Soffan, Nguyen Ngoc Huu]
- 2021 Diversity and Abundance of Nematodes in Soil Treated with Solarization Treatments, Biodiversitas, Vol. 22, No. 7, Hlm. 2612-2618, DOI: [10.13057/biodiv/d220708](https://doi.org/10.13057/biodiv/d220708). [Penulis: Astri Harnov Putri, **Siwi Indarti**, Tri Harjaka]
- 2020 First record of *Hirschmanniella mucronata* (Nematoda: Pratylenchidae) in Yogyakarta, Indonesia, Biodiversitas, Vol. 21, No. 5, Hlm. 2068-2073, DOI: [10.13057/biodiv/d210533](https://doi.org/10.13057/biodiv/d210533). [Penulis: **Siwi Indarti**, Alan Soffan, Muhammad Maulana Fardani Andrasmara]
- 2020 Responses of *Capsicum annuum* Varieties toward Root Knot Nematode *Meloidogyne incognita* Infection, Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 24, No. 2, Hlm. 133–138, DOI: [10.22146/jpti.23978](https://doi.org/10.22146/jpti.23978). [Penulis: Resty Islamiati Putri, **Siwi Indarti**, Ani Widiastuti]
- 2019 The Prevalence and Species of Root-Knot Nematode which Infect on Potato Seed in Central Java, Indonesia, Biodiversitas,

- Vol. 20, No. 1, Hlm. 11-16, DOI: 10.13057/biodiv/d200102. [Penulis: Mutala'liah, Siwi Indarti, Arif Wibowo]
- 2019 The Exploration of Bacteria Having Bio control Ability against the Golden Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis*) in Potato Cultivation Lands, Indian Journal of Science and Technology, Vol. 12, No. 16, Hlm. 1-6, DOI: 10.17485/ijst/2019/v12i16/143985. [Penulis: Irianti Kurniasari, **Siwi Indarti**, Donny Widiyanto]
- 2019 Detection and Development of Incidence Level of *Aphelenchoides besseyi* in Rice Seed Varieties, Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 23, No. 2, Hlm. 305–310, DOI: 10.22146/jpti.45558. [Penulis: Nikmatul 'Azizah, **Siwi Indarti**, Ani Widiastuti, Y. Andi Trisyono]
- 2019 Penapisan Pendahuluan Berbagai Aksesori Padi (*Oryza sativa* L) terhadap Serangan Hama Serangga dan Nematoda Parasit Tanaman, Journal of Agriculture Innovation, Vol. 2, No. 2, Hlm. 23-29, DOI: <https://doi.org/10.22146/agrinova.54716>. [Penulis: **Siwi Indarti**, Taryono Taryono, Supriyanta Supriyanta, Ayu Suci Wulandari]
- 2018 Short Communication: Abundance and Diversity of Plant Parasitic Nematodes Associated with BP 308 and BP 42 Clones of Robusta Coffee in Java, Indonesia, Biodiversitas, Vol. 19, No. 1, Hlm. 67-70, DOI: 10.13057/biodiv/d190111. [Penulis: Mutala'liah, **Siwi Indarti**, Nugroho Susetya Putra]
- 2018 First Record: A Stem and Bulb Plant Parasitic Nematode at Garlic Area Centre Temanggung, Central Java, Indonesia with Species Reference to *Ditylenchus dipsaci*, Jurnal Perlindungan tanaman Indonesia, Vol. 22, No. 2, Hlm. 233-237, DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.35321>. [Penulis: **Siwi Indarti**, Arif Wibowo, Siti Subandiyah, Miftahul Ajri]

Publikasi (Buku, Book Chapter, Media) terpilih

- 2021 Pembangunan Pertanian: Membangun Kemandirian Pangan dalam Masa Bencana dan Pandemi (Mencegah Kerawanan Pangan Akibat Bencana oleh Patogen Tumbuhan), Lily

Publisher, Yogyakarta, Hlm. 269-286. [Penulis: Triwidodo Arwiyanto, Sri Sulandari, Siwi Indarti, Suryanti]

- 2020 Pengalaman Melembagakan Inovasi (Sistem Produksi Pertanian Terpadu Inovatif Berkelanjutan). Gadjah Mada University Press. Hlm.255-273. [Penulis : Taryono, Chandra Wahyu Purnomo, **Siwi Indarti**, dan Susilo Hadi]

Publikasi Konferensi Internasional dalam 5 tahun terakhir

- 2023 Investigation of *Carica papaya* plant parasitic nematodes in Yogyakarta special region, AIP Conference Proceedings, the 2nd International Symposium On Durian and Other Tropical Fruits: Recent Trends in Sustainable Agricultural Innovation Technology For Delivering Durian And Others Tropical Fruits To Global Market. [Penulis: **Siwi Indarti**, Taryono]
- 2023 The Effect of Data Augmentation and Optimization Technique on the Performance of EfficientNetV2 for Plant-Parasitic Nematode Identification. Proceedings of the 2023 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology, IAICT 2023. Pages 190 – 195 [Penulis: Nabila Husna Shabrina, Lika, Ryukin Aranta, and **Siwi Indarti**]
- 2021 Response of Indonesian Eggplants due to Nematode Attack and Genetic Diversity Revealed by SSR Marker, Proceedings of the 2nd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2021), Yogyakarta, Indonesia. [Penulis: Aida Ainurrachmah, **Siwi Indarti**, Taryono]
- 2021 Screening Resistance of Several Accessions Eggplant (*Solanum melongena* L.) Against Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne incognita*), Proceedings of the 2nd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2021), Yogyakarta, Indonesia. [Penulis: Arsinta Dewi, **Siwi Indarti**]
- 2020 Distribution and Abundance of a New Pest Root and Bulb Parasitic Nematode at Different Elevation Levels and Soil Abiotic Factors in Garlic Growing Centres in Central Java, 5th International Conferences on Science and Technology (ICST

- 2019), Yogyakarta, Indonesia. [Penulis: Ayu Suci Wulandari, **Siwi Indarti**]
- 2020 Host Range of Stem and Bulb Rot Parasite Nematode (*Ditylenchus dipsaci*), 5th International Conferences on Science and Technology (ICST 2019), Yogyakarta, Indonesia. [Penulis: Alfianida Musyarofah, **Siwi Indarti**]
- 2019 Distribution Area of *Ditylenchus* spp. on Garlic in Central Java and East Java, The International Conference on Bio-Energy and Environmentally Sustainable Agriculture Technologies (ICoN-BEAT), Malang, Indonesia. [Penulis: Miftahul Ajri, **Siwi Indarti**]
- 2018 Soil physical properties and abundance of soil fauna in conventional and organic rice field, IOP Publishing: International Conference on Organic Agriculture in the Tropics: State of the Art, Challenges and Opportunities, Yogyakarta, Indonesia. [Penulis: Katon Sasongko Damarmoyo, Ir. Suci Handayani, Sri Nuryani Hidayah Utami, **Siwi Indarti**]

Perolehan HAKI dalam 5 tahun terakhir

- 2023 Inovasi Teknologi Pasca Panen dan Diversifikasi Produk Ubi Kayu untuk Mendukung Agroindustri Melalui Pemberdayaan Kelompok Tani Andini Mulyo Semoya di Desa Tegaltirto Berbah Sleman, Inovator: **Siwi Indarti**, Supriyadi, Supriyanta, Lilies Setyowati, Terdaftar, Nomor Pencatatan: 000438266, Nomor Permohonan dan Tanggal: EC00202305344, 17 Januari 2023.
- 2023 Capacity Building Warga Kelurahan Selopamiro, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, DI. Yogyakarta dengan Optimalisasi Lahan dan Produk Biofarmaka, Inovator: Djoko Santosa, **Siwi Indarti**, Indah Purwantini, Lilies Setyowati, Granted, Nomor Pencatatan: 000455820, Nomor Permohonan dan Tanggal: EC00202322897, 22 Maret 2023.
- 2023 Perangkat Monitoring dan Kontrol Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Smart Water Meter Berbasis Internet of Things (SWM-IoT), Inovator: Wayan Mustika, Selo, **Siwi Indarti**,

- Fauza Khair, Labriyantoko K, Terdaftar, Nomor Pendaftaran: P00202311043, Tanggal: 26 Oktober 2023
- 2022 Aklimatisasi Hasil Budidaya Jaringan Teh dengan Rekayasa Kontainer, Inovator: Taryono, Agus Nugroho, **Siwi Indarti**, Raden Rara Rahmi Sri Sayekti, Desy Suryalita, Terdaftar, Nomor Permohonan dan Tanggal: S00202212754, 11 November 2022.
- 2022 Sistem Otomatisasi Irigasi Tetes Berbasis Internet of Things dan Artificial Intelligence dengan Metode Cascading Fuzzy Logic pada Lahan Perkebunan Multi Blok, Inovator: Wayan Mustika, **Siwi Indarti**, Wisang Jati Anggoro, Faisal Najib, Labriyantoko K, Terdaftar, Nomor Permohonan dan Tanggal: P00202214216, 4 Desember 2022.
- 2022 PIAT Benih, Inovator: Taryono, **Siwi Indarti**, Chandra Wahyu Purnomo, Susilohadi, Pemegang Merk: Universitas Gadjah Mada Direktorat Penelitian, Terdaftar, Nomor Permohonan: IDM001074425, Tanggal: 7 Juni 2022.
- 2021 Perangkat serangga. Inovator: Alan Soffan, Fathi Alfinur Rizqi, Witjaksono, **Siwi Indarti**, Granted, Nomor Pendaftaran: IDD0000062641, Tanggal: 25 November 2021.
- 2021 Sistem Cerdas Pemantauan Kondisi Tanah Perkebunan Holtikultura Menggunakan Sensor Jamak dengan Komunikasi SDI-12 Berbasis Internet of Things (IoT)", Inovator: I Wayan Mustika, **Siwi Indarti**, Terdaftar, Nomor Permohonan: P00202109923, Tanggal: 12 November 2021.
- 2021 Perangkat Serangga dengan Penghitung Otomatis berbasis LoRa, Inovator: Alan Soffan, Fathi Alfinur Rizqi, Witjaksono, Siwi Indarti, Dualim Atma Dewangga, Terdaftar, Nomor Pendaftaran: A00202103746, Tanggal: 25 November 2021.
- 2020 Alat Perangkat Serangga Hama Penggerek Batang Padi Dengan Sistem Perhitungan Otomatis Berbasis Web, Inovator: Alan Soffan, Fathi Alfinur Rizqi, Witjaksono, **Siwi Indarti**, Terdaftar, Nomor Permohonan: P00202008811, Tanggal: 22 November 2020.
- 2020 Sistem Kontrol Irigasi Multi-Valve Untuk Perkebunan Hortikultura Berbasis Internet of Things Menggunakan Latch

Solenoid, Inventor: I Wayan Mustika, Wisang Jati Anggoro. Nova Setiawan, Lukito Edi Nugroho, **Siwi Indarti**, Terdaftar, Nomor Permohonan: P00202008944, Tanggal: 24 November 2020.

2019 Sistem Otomatisasi Irigasi dan Kontrol Exhaust Fan Berbasis Internet of Things (Iot) dengan Multiple Sensor Untuk Aplikasi Smart Farming pada Screen House, Inovator: I Wayan Mustika, Firman Hidayat, Lukito Edi Nugroho, **Siwi Indarti**, Terdaftar, Nomor Permohonan: P00201910094, Tanggal: 6 November 2019.

Penghargaan

2017 Penganugerahan Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya XX tahun