

KAJIAN NEMATODA DAUN *Aphelenchoides* spp. DI PULAU JAWA: DISTRIBUSI DAN IDENTIFIKASI, TEKNIK PERBANYAKAN, DAN PENGENDALIAN

FITRIANINGRUM KURNIAWATI



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Kajian Nematoda daun *Aphelenchoides* spp. di Pulau Jawa: Distribusi dan Identifikasi, Teknik Perbanyakan, dan Pengendalian” adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini melimpahkan hak cipta dari usulan penelitian saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2024

Fitrianingrum Kurniawati
NIM A3602202001

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

FITRIANINGRUM KURNIAWATI. Kajian Nematoda daun *Aphelenchoides* spp. di Pulau Jawa: Distribusi dan Identifikasi, Teknik Perbanyakan, dan Pengendalian. Dibimbing oleh SUPRAMANA, ELISABETH SRI HENDRASTUTI, EFI TODING TONDOK, dan HERIYANTO SYAFUTRA.

Aphelenchoides merupakan nematoda daun yang menyebabkan kerugian secara ekonomi yang cukup besar dalam sepuluh tahun terakhir. Tiga spesies *Aphelenchoides* yang merupakan parasit tumbuhan utama adalah *Aphelenchoides besseyi*, *Aphelenchoides fragariae*, dan *Aphelenchoides ritzemabosi*. Status nematoda *A. fragariae* dan *A. ritzemabosi* di Indonesia adalah sebagai organisme pengganggu tumbuhan karantina (OPTK). *A. fragariae* sebagai OPTK A2 dan *A. ritzemabosi* sebagai OPTK A1, sedangkan *A. besseyi* merupakan organisme pengganggu tanaman penting karena penyebarannya sudah meluas di hampir seluruh wilayah Indonesia. Nematoda *A. besseyi* terdeteksi sebagai penyebab penyakit pucuk padi. Informasi mengenai dua spesies lainnya, *A. fragariae* dan *A. ritzemabosi* masih terbatas. Spesies *A. ritzemabosi* belum dilaporkan di Indonesia, sedangkan *A. fragariae* telah terintroduksi sehingga penyebaran nematoda ini terutama melalui benih dan bahan perbanyakan tanaman harus dicegah. Nematoda *Aphelenchoides* spp. mempunyai inang yang sangat luas.

Identitas *Aphelenchoides* spp. yang telah dilaporkan terutama di Pulau Jawa masih terbatas. *Aphelenchoides* dapat terbawa melalui bibit atau bahan perbanyakan tanaman sehingga upaya membebaskan nematoda ini pada bibit atau bahan perbanyakan perlu dilakukan. Salah satu metode terkini yang menjanjikan dan ramah lingkungan adalah perlakuan *directed energy system* (DES) dan ultrasonik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan distribusi nematoda *Aphelenchoides* spp di Pulau Jawa, mengembangkan teknik perbanyakan *in vitro* (*axenic culture*) *A. fragariae* pada cendawan, dan mengembangkan teknik pengendalian menggunakan ultrasonik pada bahan perbanyakan tanaman (umbi bawang merah), dan DES (untuk membebaskan nematoda pada media tanam).

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi lima tahap, yaitu: Survei *Aphelenchoides* spp. pada beberapa tanaman inang di Pulau Jawa, perbanyakan nematoda *A. fragariae* pada kultur cendawan, pengujian patogenesitas *A. fragariae* hasil perbanyakan dari biakan cendawan pada beberapa tanaman inang di rumah plastik, pengembangan teknik pengendalian *A. fragariae* dengan teknik ultrasonik *in vitro* dan *in vivo*, serta DES *in vitro* dan *in vivo*.

Hasil survei menunjukkan bahwa *Aphelenchoides* spp. tersebar di empat provinsi di Pulau Jawa (Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Jawa Timur) pada ketinggian 2 sampai 1872 mdpl, dengan suhu rata-rata 15 °C sampai 32 °C. Dalam penelitian ini nematoda *Aphelenchoides* yang ditemukan ada lima spesies, yaitu *Aphelenchoides* sp., *A. besseyi*, *A. bicaudatus*, *A. fragariae*, dan *A. fujianensis*. Nematoda *Aphelenchoides* spp. ditemukan pada tanaman bawang merah (Brebes, Karanganyar, dan Demak (Jawa Tengah), Bantul (DIY), dan Majalengka (Jawa Barat)), jagung (Karawang Jawa Barat). Nematoda *A. fragariae* telah ditemukan pada tanaman stroberi (Lembang dan Rancabali Jawa Barat, serta Probolinggo Jawa Timur), sambiloto (Bogor (Jawa Barat)), gulma sintrong (*Crassocephalum crepidioides*) di Cianjur (Jawa Barat) dan babadotan (Rancabali-

Bandung (Jawa Barat)). Nematoda *A. besseyi* selain pada tanaman padi juga ditemukan pada tanaman stroberi (Lembang, Rancabali, Cipanas (Jawa Barat), Karanganyar (Jawa Tengah), dan Probolinggo (Jawa Timur)).

Aphelenchoides spp. berhasil diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi, morfometri dan molekuler dengan *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer universal 28S rRNA (D2A-D3B) untuk *Aphelenchoides* sp., *A. fujianensis*, dan *A. bicaudatus*, sedangkan untuk *A. besseyi* dan *A. fragariae* menggunakan primer spesifik COI. Gejala *Aphelenchoides* pada berbagai tanaman bervariasi, antara lain hawar daun, daun memerah, daun melintir, klorosis dan nekrotik pada ujung daun. Nematoda *Aphelenchoides* spp ditemukan pada delapan tanaman inang (babadotan, bawang merah, jagung, kadaka, padi, sambiloto, sintrong, dan stroberi). Nematoda *A. fujianensis* pada tanaman kadaka di Bogor (Jawa Barat).

Nematoda *A. fragariae* berhasil dibiakkan pada biakan cendawan. *Alternaria porri* pada suhu 28 °C merupakan cendawan terbaik yang dapat digunakan sebagai media pemeliharaan nematoda *A. fragariae* dengan jumlah nematoda akhir rata-rata hingga 407,8 per cawan petri diameter 9 cm. Pada suhu 37 °C *A. fragariae* gagal bereproduksi di semua biakan cendawan yang diuji. Nematoda *A. fragariae* hasil perbanyakan pada biakan cendawan mampu mempertahankan sifat patogeniknya.

Penerapan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40KHz berpotensi menyebabkan kematian yang tinggi pada nematoda *A. fragariae*. Durasi paparan yang lebih lama dapat meningkatkan tingkat kematian seiring dengan peningkatan suhu air. Dalam uji *in vitro*, sonikasi selama 60 menit berhasil menghilangkan *A. fragariae* pada tanaman bawang merah hingga mencapai 100%. Tidak ada dampak negatif yang terlihat pada pertumbuhan tanaman akibat perlakuan gelombang ultrasonik.

Perlakuan DES dengan arus DC berhasil mengurangi populasi nematoda *A. fragariae* pada tegangan antara 500 V hingga 2500 V dengan durasi paparan 5 hingga 15 menit. Mortalitas *A. fragariae* meningkat seiring dengan peningkatan waktu paparan dan tegangan listrik. Perlakuan DES tidak memengaruhi pertumbuhan tanaman maupun mikroba lainnya.

Kata kunci: cendawan, DES, identitas, sebaran, ultrasonik

SUMMARY

FITRIANINGRUM KURNIAWATI. Study of Foliar Nematodes *Aphelenchoides* spp. on Java Island: Distribution and Identification, Mass Rearing, and Control. Supervised by SUPRAMANA, ELISABETH SRI HENDRASTUTI, EFI TODING TONDOK, and HERIYANTO SYAFUTRA.

Aphelenchoides, a foliar nematode, has caused significant agricultural losses over the past decade. The three main plant-parasitic species within this genus are *Aphelenchoides besseyi*, *Aphelenchoides fragariae*, and *Aphelenchoides ritzemabosi*. In Indonesia, *A. fragariae* and *A. ritzemabosi* are classified as quarantine pests, while *A. besseyi* is recognized as a major pest due to its widespread distribution across the country. Nematode *A. besseyi* has been identified as the cause of white tip disease in rice, but information on the other two species remains limited. *A. ritzemabosi* has not yet been reported in Indonesia, while *A. fragariae* has been introduced, necessitating measures to prevent its further spread, particularly through seeds and propagation materials.

Aphelenchoides spp. have a wide host range, and their identity on Java Island remains inadequately understood. These nematodes can be transmitted through seeds or propagation materials, underscoring the need for effective elimination strategies.

One promising, environmentally friendly approach involves the use of *Directed energy systems* (DES) and ultrasonic treatments. This research aims to identify and map the distribution of *Aphelenchoides* spp. on Java Island, develop in vitro propagation techniques (axenic culture) of *A. fragariae* on fungi, and create control methods using ultrasonic treatments on plant propagation materials, such as shallots, and DES to eliminate nematodes from growing media. The research involved five stages: surveying *Aphelenchoides* spp. on various host plants across Java Island, rearing *A. fragariae* on fungal cultures, testing the pathogenicity of propagated *A. fragariae* in a greenhouse setting, developing control techniques for *A. fragariae* using ultrasonic methods in vitro and at pot scale, and applying DES both in vitro and at pot scale.

Aphelenchoides spp. were found across four provinces on Java Island (West Java, Central Java, Yogyakarta, and East Java) at elevations ranging from 2 to 1,872 meters above sea level, with average temperatures between 15°C and 32°C. The research identified five species of *Aphelenchoides*, including *A. besseyi*, *A. bicaudatus*, *A. fragariae*, *A. fujianensis*, and *Aphelenchoides* sp. *Aphelenchoides* spp. were found on shallots in Brebes, Karanganyar, and Demak (Central Java), Bantul (Yogyakarta), and Majalengka (West Java), as well as on corn in Karawang (West Java). *A. fragariae* was identified on stroberi plants in Lembang and Rancabali (West Java) and Probolinggo (East Java), as well as on sambiloto in Bogor (West Java), the weed sintrong in Cianjur (West Java), and babadotan in Rancabali-Bandung (West Java), and shallots Demak (West Java). *A. besseyi* was found not only on rice but also on stroberi plants in Lembang, Rancabali, Cipanas (West Java), Karanganyar (Central Java), and Probolinggo (East Java). *Aphelenchoides* spp. were successfully identified based on morphological, morphometric, and molecular characteristics. Symptoms varied among host plants,

with distinctive signs including leaf blight, red leaves, twisted leaves, chlorosis, and necrosis at leaf tips. *Aphelenchoides* spp. were found on eight host plants: babadotan, shallot, corn, bird's nest fern, rice, sambiloto, sintrong, and stroberi. *A. fujianensis* was specifically found on bird's nest fern in Bogor (West Java).

The identification of these five nematode species was conducted using morphological, morphometric, and molecular techniques, including polymerase chain reaction (PCR) with the universal primer 28S rRNA (D2A-D3B) for *Aphelenchoides* sp., *A. fujianensis*, and *A. bicaudatus*, while specific COI primers were used for *A. besseyi* and *A. fragariae*.

A. fragariae was successfully cultured on fungal cultures, with *Alternaria porri* at 28°C being the most effective, resulting in an average final nematode count of up to 407.8 per petri dish (9 cm in diameter). At 37°C, *A. fragariae* failed to reproduce on any of the fungal cultures tested. Propagated *A. fragariae* maintained its pathogenicity.

Ultrasonic waves at a frequency of 40 KHz showed high potential for inducing mortality in *A. fragariae*. Extended exposure durations increased mortality rates as water temperature rose. In vitro testing demonstrated that 60 minutes of sonication successfully eliminated *A. fragariae* on red onion plants, achieving 100% mortality without adverse effects on plant growth.

DES treatment using direct current (DC) successfully reduced *A. fragariae* populations at voltages ranging from 500 V to 2,500 V, with exposure times of 5 to 15 minutes. Mortality rates increased with longer exposure times and higher voltages, while DES treatment had no detrimental effects on plant growth or other microbes.

Keywords: DES, fungi, identity, mapping, ultrasonic



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KAJIAN NEMATODA DAUN *Aphelenchoides* spp. DI PULAU JAWA: DISTRIBUSI DAN IDENTIFIKASI, TEKNIK PERBANYAKAN, DAN PENGENDALIAN

FITRIANINGRUM KURNIAWATI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Fitopatologi

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Lisnawita, S.P., M.Si .
2. Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, MSc.Agr.

Promotor Luar komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Nurjanah, S.P., M.Si.
2. Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, MSc.Agr.



Judul Disertasi : Kajian Nematoda daun *Aphelenchoides* spp. di Pulau Jawa:
Distribusi dan Identifikasi, Teknik Perbanyakan, dan
Pengendalian

Nama : Fitrianingrum Kurniawati
NRP : A3602202001

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Supramana, M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. E. Sri Hendrastuti, M.Sc.

Pembimbing 3:
Dr. Efi Toding Tondok, S.P, M.Sc.Agr.

Pembimbing 4:
Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si.
NIP. 196506211989102001

Dekan Fakultas Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian: 22 Agustus 2024

Tanggal Pengesahan:

26 SEP 2024



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Topik yang dipilih dalam penelitian ini adalah Kajian Nematoda daun *Aphelenchoides* spp. Di Pulau Jawa: Distribusi dan Identifikasi, Teknik Perbanyakan, dan Pengendalian. Disertasi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, penulisan disertasi ini tidak akan dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan rasa tulus penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak Kombes Pol (Purn) Kumpul Hermawan, BA, SSTMK dan Ibu Tri Budiarsi yang selalu mendo'akan dan memberi semangat kepada penulis. Suami tercinta Bangun Sulistyobudi, S.T. yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi S3 dan telah sabar membantu, mendukung dan mendo'akan penulis. Ketiga anak hebatku Ayazid Iqbal Budialbani, Bara'ah Atha Azzahra dan Usamah Ammar Mumtaz yang selalu mendo'akan dan menyemangati penulis. Bapak dan Ibu mertua Dr. Drs. Budhi Rahardjo, S.H., M.M dan Dra. Tri Winarsih terima kasih atas do'a dan dukungannya. Adik-adikku Unggul Wira Sejati, Bobby Pasca Kambodiansyah, S.ST, dan Slavonia Putri Pamungkas, AMd. Terima kasih atas do'a dan semangatnya. Ucapan terima kasih tak terhingga penulis sampaikan kepada komisi pembimbing Dr. Ir. Supramana, M.Si., Prof. Dr. Ir. E. Sri Hendrastuti, M.Sc., Dr. Efi Toding Tondok, M.Sc.Agr, dan Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si., yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada penguji pada ujian kualifikasi lisan Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr atas masukan yang telah diberikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen penguji luar komisi Dr. Lisnawita, S.P., M.Si., Prof. Dr. Abdul Munif, MSc.Agr, dan Dr. Nurjanah, S.P, M.Si yang telah memberikan masukan dan saran. Tidak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Sobikhin, S.P., Cantri Yolandari, S.P., Lesta S.P., M.Si., Devina Cinantya Anindhita, S.P, M.Si, Dhiva Syafa Quamilla, Amelia Kusumawardhani S.P., Ade Indra Maulana Sembiring, S.P., M.Si., Rohul, S.Si., Sugun Riyanto, S.P., dan Dr. Ir. R. Yayi Munara Kusumah, M.Si. yang telah membantu penelitian baik di lapangan, laboratorium maupun di rumah plastik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Sumberdaya Manusia IPB University yang telah memberikan bantuan biaya pendidikan selama penulis menempuh studi program Doktor.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapakan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya. Semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bogor, September 2024

Fitrianingrum Kurniawati



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Kebaruan Penelitian	3
1.6 Hipotesis Penelitian	3
1.7 Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Genus <i>Aphelenchoides</i>	5
2.2 Nematoda Krisan <i>Aphelenchoides ritzemabosi</i>	5
2.3 Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	6
2.4 Identifikasi Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	7
2.4.1 Morfologi Nematoda <i>A. fragariae</i>	7
2.4.2 Karakter Molekuler Nematoda <i>Aphelenchoides</i> spp.	8
2.5 Kisaran Inang <i>Aphelenchoides fragariae</i>	9
2.6 Siklus Hidup Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	10
2.7 Gejala Penyakit Oleh <i>Aphelenchoides fragariae</i>	11
2.8 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan <i>Aphelenchoides fragariae</i>	14
2.9 Dampak Ekonomi dari Seranga <i>Aphelenchoides fragariae</i>	15
2.10 Perbanyakan <i>A. fragariae</i> Pada Kultur Cendawan	15
2.11 Pengendalian Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	16
2.12 Pengendalian Dengan Teknik <i>Directed energy system</i> (DES)	21
2.13 Pengendalian Dengan Ultrasonik	22
III DISTRIBUSI NEMATODA <i>Aphelenchoides</i> DI PULAU JAWA	23
Abstrak	23
Abstract	23
3.1 Pendahuluan	24
3.2 Metode Penelitian	24
3.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2.2 Survei dan Pengambilan Sampel <i>Aphelenchoides</i> spp.	25
3.2.3 Ekstraksi Nematoda	26
3.2.4 Identifikasi Nematoda <i>Aphelenchoides</i> spp.	26
3.2.4.1 Identifikasi Berdasarkan Karakter Morfologi	26
3.2.4.2 Identifikasi Berdasarkan Karakter Morfometrik	27
3.2.4.3 Identifikasi Berdasarkan Karakter Molekuler	27
3.3 Hasil dan Pembahasan	28
3.3.1 Gejala Penyakit	28
3.3.1.1 Gejala Penyakit Pada Tanaman Stroberi	28
3.3.1.2 Gejala Penyakit Pada Tanaman Bawang Merah	29

3.3.1.3 Gejala Penyakit pada Tanaman Kadaka Jumbo (<i>Asplenium scolopendrium</i>)	30
3.3.1.4 Gejala Penyakit Pada Tanaman Sambiloto	30
3.3.1.5 Gejala Penyakit Pada Gulma Sintrong	31
3.3.1.6 Gejala Penyakit Pada Jagung dan Padi	31
3.3.1.7 Gejala Penyakit Pada Babadotan	31
3.3.1.8 Gejala Pada Tanaman Lain	32
3.3.2 Karakter Morfologi Nematoda <i>Aphelenchoides</i> spp.	32
3.3.2.1 Karakter Morfologi <i>Aphelenchoides</i> sp.	32
3.3.2.2 Karakter Morfologi <i>Aphelenchoides besseyi</i>	33
3.3.2.3 Karakter Morfologi <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	34
3.3.2.4 Karakter Morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	35
3.3.2.5 Karakter Morfologi <i>Aphelenchoides fujianensis</i>	37
3.3.3 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides</i> spp.	38
3.3.3.1 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides</i> sp.	38
3.3.3.2 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides besseyi</i>	38
3.3.3.3 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides Bicaudatus</i>	39
3.3.3.4 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	39
3.3.3.5 Karakter Morfometri Nematoda <i>Aphelenchoides fujianensis</i>	39
3.3.4 Karakter Molekuler <i>Aphelenchoides</i> sp.	40
3.3.4.1 Hasil Amplifikasi Gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides</i> sp.	40
3.3.4.2 Analisis Penyejajaran dan Homologi Runutan Nukleotida Gen 28S rRNA	41
3.3.4.3 Analisis Pohon Filogenetika <i>Aphelenchoides</i> sp.	44
3.3.5 Karakter Molekuler <i>Aphelenchoides besseyi</i>	45
3.3.5.1 Hasil Amplifikasi Gen COI <i>Aphelenchoides besseyi</i>	45
3.3.5.2 Analisis Penyejajaran dan Homologi Runutan Nukleotida Gen COI <i>Aphelenchoides besseyi</i>	46
3.3.6 Karakter Molekuler <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	50
3.3.6.1 Hasil Amplifikasi Gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	50
3.3.6.2 Analisis Penyejajaran dan Homologi Runutan Nukleotida Gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	51
3.3.7 Karakter Molekuler <i>Aphelenchoides fragariae</i>	52
3.3.7.1 Hasil Amplifikasi Gen COI <i>Aphelenchoides fragariae</i>	52
3.3.7.2 Analisis Penyejajaran dan Homologi Runutan Nukleotida Gen COI <i>Aphelenchoides fragariae</i>	53
3.3.8 Karakter Molekuler <i>Aphelenchoides fujianensis</i>	54
3.3.8.1 Hasil Amplifikasi Gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides fujianensis</i>	54
3.3.8.2 Analisis Penyejajaran dan Homologi Runutan Nukleotida Gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides fujianensis</i>	55

3.4 Distribusi dan Kisaran Inang Nematoda Daun <i>Aphelenchoides</i> spp.	58
3.5 Simpulan	60

IV PERBANYAKAN NEMATODA <i>Aphelenchoides fragariae</i>	
PADA BIAKAN CENDAWAN	61
Abstrak	61
Abstract	61
4.1 Pendahuluan	62
4.2 Metode Penelitian	63
4.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	63
4.2.2 Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> dan Biakan Cendawan Uji	63
4.2.3 Perbanyakan Nematoda pada Biakan Cendawan Uji	63
4.2.4 Rancangan Percobaan dan Analisis Data	64
4.2.5 Uji Patogenisitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Beberapa Tanaman Inang	64
4.3 Hasil dan Pembahasan	65
4.3.1 Biakan Cendawan	65
4.3.2 Morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i> Hasil Perbanyakan Massal	66
4.3.3 Jumlah Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Berbagai Suhu dan Biakan Cendawan	67
4.4 Faktor Reproduksi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	67
4.5 Pengujian Patogenisitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> Hasil Perbanyakan	69
4.6 Simpulan	72

V PENGENDALIAN NEMATODA <i>Aphelenchoides fragariae</i>	
MENGGUNAKAN TEKNIK ULTRASONIK	73
Abstrak	73
Abstract	73
5.1 Pendahuluan	74
5.2 Metode Penelitian	75
5.2.1 Lokasi Penelitian	75
5.2.2 Uji In-Vitro Penggunaan Ultrasonik Untuk Eliminasi Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	75
5.2.3 Penyiapan Tanaman Bawang Merah Untuk Uji In-Vivo	75
5.2.4 Perlakuan Ultrasonik Untuk Eliminasi <i>Aphelenchoides fragariae</i> Pada Umbi Bawang Merah	76
5.2.5 Penanaman Umbi Bawang Merah Setelah Perlakuan Ultrasonik	76
5.2.6 Rancangan Percobaan	76
5.3 Hasil dan Pembahasan	76
5.3.1 Uji In-Vitro Penggunaan Ultrasonik Untuk Eliminasi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	76
5.3.2. Perlakuan ultrasonik untuk eliminasi <i>A. fragariae</i> pada Bawang Merah	77
5.3.3. Uji Ketahanan Tanaman Bawang Merah Terhadap Perlakuan Ultrasonik	77
5.3.4 Populasi Nematoda Setelah Perlakuan Ultrasonik	78
5.3.5 Kondisi Nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> Pada Perlakuan Ultrasonik	79
5.3.6 Pengaruh Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Tanaman	

Bawang Merah	80
5.4. Simpulan	81
VI. PENGENDALIAN NEMATODA DAUN <i>Aphelenchoides fragariae</i> MENGUNAKAN TEKNIK <i>DIRECTED ENERGY SYSTEM</i>	83
Abstrak	83
Abstract	83
6.1 Pendahuluan	84
6.2 Metode Penelitian	85
6.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	85
6.2.2 Persiapan Nematoda Uji <i>Aphelenchoides fragariae</i>	85
6.2.3 Pengujian Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i>	85
6.2.3.1 Mortalitas pada Media Air	85
6.2.3.2 Mortalitas pada Media Tanah	86
6.2.3.3 Pengujian Rumah Plastik DES terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah	86
6.2.4 Analisis Data	86
6.3 Hasil dan Pembahasan	87
6.3.1 Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Pengujian di Laboratorium	87
6.3.1.1 Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Media Air	87
6.3.1.2 Persentase Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Media Air	87
6.3.1.3 Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Media Tanah	88
6.3.1.4 Persentase Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Media Tanah	90
6.3.1.5 Persentase Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada Pengujian di Rumah Plastik	90
6.3.1.6 Derajat Lisis Nematoda	91
6.3.1.7 Pengaruh Perlakuan DES terhadap Pertumbuhan Tanaman	94
6.3.1.8 Pengaruh Perlakuan DES terhadap Mikroba Lain	95
6.4 Simpulan	95
VII PEMBAHASAN UMUM	97
VIII SIMPULAN UMUM DAN SARAN	105
8.1 Simpulan	105
8.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	119

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1.1	Alur penelitian	4
2.1	Karakter morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i> (IPPC 2017)	8
2.2	Skema representatif gen ribosomal DNA pada hewan. Kode untuk 5.8S, 18S, dan sub unit 28S rRNA ditunjukkan oleh batang; ETS = external transcribed spacer, ITS = internal transcribed spacer, IGS = intergenic spacer. Panah yang menunjukkan primer PCR menandai segmen ekspansi D2D3 dari gen 28S rRNA.	9
2.3	Gejala <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada gulma dan tanaman obat sambiloto (Djiwanti dan Supriadi 2008) a) <i>Ageratum conyzoides</i> ; b) <i>Acalypha lanceolata</i> ; c) <i>Oxalis sepium</i> ; d) <i>Borreria</i> sp.; e) <i>Lindernia</i> sp.; f) <i>Pleocnemia</i> sp.; g) Hawar daun pada sambiloto/leaf blotch pada <i>Andrographis paniculata</i> .	12
2.4	Tanaman stroberi yang terserang oleh <i>A. fragariae</i> (a) perbandingan tanaman sakit (b) dan sehat (c) (Cobon <i>et al.</i> 2011).	12
2.5	Gejala penyakit yang disebabkan oleh <i>A. fragariae</i> pada tanaman bawang merah Varietas Bima (a), Pertanaman Bawang Merah di Kecamatan Larangan, Kabupaten Brebes Jawa Tengah (Anindita <i>et al.</i> 2021)	14
3.1	Lokasi pengambilan sampel nematoda daun <i>Aphelenchoides</i> spp. di Pulau Jawa (diolah dengan QGIS v. 3.28)	25
3.2	Gejala penyakit crimp stroberi daun melintir (a), daun kemerahan (b), hawar daun (c), dan tanaman kerdil (d)	29
3.3	Gejala penyakit yang disebabkan oleh <i>Aphelenchoides</i> sp. pada bawang merah: daun melintir (a), daun mengering pada bagian pucuknya dan layu (b dan c), serta pada pertanaman bawang merah terlihat mengering, layu, dan berwarna kecokelatan (d)	29
3.4	Gejala penyakit yang disebabkan oleh <i>Aphelenchoides fujianensis</i> pada kadaka: hawar daun pada tanaman utuh (a), hawar kebasahan berwarna cokelat kehitaman (b), bercak-bercak kecil cokelat basah kehitaman (c), dan bercak tampak seperti lubang-lubang kecil (d)	30
3.5	Gejala penyakit pada tanaman sambiloto: hawar daun kebasahan berwarna cokelat kemerahan (a), daun melekok (b, c, dan d), malformasi pada daun (e dan f)	30
3.6	Gejala penyakit yang disebabkan oleh <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada gulma sintrong: daun berwarna kemerahan (<i>reddening</i>) di sepanjang tulang daun hingga pucuk daun dan batang (a dan b)	31
3.7	Gejala pucuk putih pada jagung yang disebabkan oleh <i>Aphelenchoides</i> sp. (a) dan pada padi yang disebabkan oleh nematoda <i>Aphelenchoides besseyi</i> (b)	31
3.8	Gejala hawar daun pada daun babadotan	32

Gejala hawar daun pada beberapa tanaman: (a) Kadaka keriting, (b) begonia, (c) geranium, (d) jahe, (e) *Microsorium*, dan (f) *leather leaf fern* (*Asplenium adiantum*) 32

Karakter morfologi *Aphelenchoides* sp. (a) anterior betina (bibir set off, stilet tipis, dan *median bulb* berukuran besar), (b) posterior jantan (satu *mucro* di ujung ekor), (c) nematoda betina, (d) anterior jantan (bibir set off, stilet tipis, dan *median bulb* berukuran besar), (e) posterior jantan (satu *mucro*), dan (f) nematoda jantan 33

Karakter morfologi *Aphelenchoides besseyi* (a) stilet tipis, (b) bibir set off, (c) *median bulb*, (d) vulva, (e) spikula seperti duri mawar, (f) *mucro* berbentuk bintang (*star shape mucro*) 34

Karakter morfologi *Aphelenchoides bicaudatus* (a) anterior betina yang terdiri atas bibir set off, stilet tipis, dan *median bulb* berukuran besar, (b) posterior dengan ujung ekor bercabang, vulva dengan celah transversal, dan terdapat cabang postuterine (c) seluruh tubuh nematoda 35

Karakter morfologi *Aphelenchoides fragariae* (a) anterior yang terdiri atas bibir set off, stilet tipis, dan *median bulb* berukuran besar, (b) posterior dengan satu *mucro* di ujung ekor, (c) seluruh tubuh nematoda 36

Karakter morfologi nematoda *Aphelenchoides fujianensis*: (a) anterior betina, (b) vulva dan spermateka betina, (c) posterior betina, (d) anterior jantan, (e) posterior jantan, (f) seluruh tubuh jantan, (g) seluruh tubuh betina 37

Visualisasi gen 28S rRNA berukuran sekitar 750 pb menggunakan UV transiluminator; (M = DNA ladder 100 pb (Thermoscientific, US), K- = kontrol negatif, Br = sampel *Aphelenchoides* sp. asal bawang merah Brebes, Ng = sampel *Aphelenchoides* sp. asal bawang merah Nganjuk, Mj = sampel *Aphelenchoides* sp. Asal bawang merah Majalengka) 40

Matriks hasil analisis homologi isolat *Aphelenchoides* sp. asal Brebes, Majalengka, dan Nganjuk dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 44

Pohon filogenetika isolat *Aphelenchoides* sp. asal tanaman bawang merah Brebes, Majalengka, dan Nganjuk berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis dengan pendekatan maximum likelihood menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 45

Visualisasi gen COI berukuran sekitar 400 pb menggunakan UV transiluminator; (M = DNA ladder 100 pb (Thermoscientific, US), K+ = kontrol positif, 1 = sampel *Aphelenchoides besseyi* asal padi varietas IPB3S, 2 = sampel *Aphelenchoides besseyi* asal padi varietas Inpari 32, 3 = sampel *Aphelenchoides besseyi* asal padi varietas IPB9G, dan 4 = sampel *Aphelenchoides besseyi* asal padi varietas Ciherang 46

- 3.19 Matriks hasil analisis homologi isolat *Aphelenchoides besseyi* Varietas IPB3S, IPB 9G, Inpari 32, Ciherang, Pertiwi 1 asal Bogor dan Sukabumi Indonesia dengan negara lain Menggunakan *Sequence Demarcation Tools* (SDT) 48
- 3.20 Pohon filogenetika isolat *Aphelenchoides besseyi* asal tanaman padi isolat Bogor dan Sukabumi dibanding dengan isolat dari negara lain berdasarkan runutan nukleotida gen COI yang dianalisis dengan pendekatan maximum likelihood menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 49
- 3.21 Visualisasi gen 28S berukuran sekitar 750 pb menggunakan UV transiluminator; (M = DNA ladder 100 pb (Thermoscientific, US), K- = kontrol negatif, RB = sampel *Aphelenchoides bicaudatus* asal isolat RB (Rancabali) Jawa Barat 50
- 3.22 Pohon filogenetik isolat *Aphelenchoides bicaudatus* asal tanaman stroberi isolat RB (Rancabali-Indonesia) dibanding dengan isolat dari negara lain berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis dengan pendekatan maximum likelihood menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 52
- 3.23 Visualisasi gen COI berukuran sekitar 550 pb menggunakan UV transiluminator; (M = DNA ladder 100 pb (ExcelBand, SMOBIO US), K- = kontrol negatif, K+ = kontrol positif, LB= *Aphelenchoides fragariae* stroberi asal Lembang-Bandung Barat, RB = *Aphelenchoides fragariae* stroberi asal Rancabali-Bandung, S = *Aphelenchoides fragariae* sambiloto asal Ciwaringin-Bogor, Si = *Aphelenchoides fragariae* sintrong asal Cipendawa-Pacet, B = *Aphelenchoides fragariae* bawang merah asal Ngelo Wetan-Demak 53
- 3.24 Pohon filogenetik isolat *Aphelenchoides fragariae* asal tanaman stroberi isolat RB (Rancabali-Bandung) Indonesia dan LB (Lembang-Bandung Barat) Indonesia dibanding dengan isolat dari negara lain berdasarkan runutan nukleotida gen COI yang dianalisis dengan pendekatan maximum likelihood menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 54
- 3.25 Visualisasi gen 28S rRNA berukuran sekitar 750 pb menggunakan UV transiluminator; (M = DNA ladder 1 kb (Thermoscientific, US), Kdk = *Aphelenchoides fujianensis* isolat Kdk (Babakan-Bogor) Jawa Barat 55
- 3.26 Matriks hasil analisis homologi isolat *Aphelenchoides fujianensis* Kdk_Bogor (Babakan-Bogor) dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 56
- 3.27 Pohon filogenetika isolat *Aphelenchoides fujianensis* Kdk_Bogor (Babakan-Bogor) Indonesia yang diisolasi dari tanaman kadaka (*Asplenium nidus*) dibanding dengan isolat dari negara lain berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis



dengan pendekatan maximum likelihood menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13

57

3.28 Sebaran nematoda *Aphelenchoides* spp. di Pulau Jawa (peta dibuat dengan menggunakan *software* QGIS v 3.28)

58

4.1 Morfologi Nematoda *A. fragariae* hasil perbanyakan dari biakan cendawan diamati dengan mikroskop *compound* perbesaran 10 x 20 (nematoda jantan (a) dan nematoda betina (b), metakorpus (c), *mucro* (d), spikula pada nematoda jantan yang berbentuk seperti duri mawar (e), vulva pada nematoda betina (f), dan *postvulval uterine sac* (PUS) yang panjangnya lebih dari setengah jarak vulva ke anus (g)

66

4.2 Gejala penyakit *Aphelenchoides fragariae* pada tanaman krisan: (a) layu, (b) hawar daun, (c) kerdil

70

4.3 Gejala penyakit *Aphelenchoides fragariae* pada tanaman *hosta*: (a) gejala awal pada daun, (b) hawar yang meluas

70

4.4 Gejala infeksi *Aphelenchoides fragariae* pada tanaman bawang merah: (a) pucuk putih (b) daun melintir

71

4.5 Gejala infeksi *Aphelenchoides fragariae* pada tanaman sambiloto: (a) gejala awal berupa hawar daun cokelat kebasahan hanya pada beberapa daun (b) hawar meluas pada banyak daun dengan warna daun kemerahan

71

5.1 Kondisi tanaman bawang merah yang berasal dari TSS (a) dan hasil panen umbi yang siap digunakan untuk perlakuan ultrasonik (b)

75

5.2 Perlakuan ultrasonik untuk eliminasi nematoda *Aphelenchoides fragariae*: perlakuan umbi bawang dengan *ultrasonic cleaner* (a), umbi bawang dalam kantung polynet (b)

77

5.3 Tanaman bawang merah yang telah diberi perlakuan ultrasonik: performa umbi bawang merah setelah perlakuan dengan ultrasonik (a), dan kondisi tanaman bawang merah yang telah diberi perlakuan ultrasonik (b)

78

5.4 Kondisi nematoda *Aphelenchoides fragariae* setelah dan sebelum perlakuan: nematoda jantan setelah perlakuan dalam kondisi lisis dan pada posisi istirahat (a); nematoda betina setelah perlakuan dalam kondisi lisis dan pada posisi istirahat (b), nematoda jantan sebelum perlakuan (c), dan nematoda betina sebelum perlakuan (d)

79

5.5 Pengaruh paparan ultrasonik terhadap vigor bawang merah: waktu papar 26 menit (a), 30 menit (b), 37 menit (c), 44 menit (d), 60 menit (e), dan kontrol (f)

81

6.1 Instalasi perlakuan DES pada media air dengan menggunakan elektroda dari bahan karbon (a), skematik DES in vitro (b)

85

6.2 Instalasi perlakuan DES pada media tanah menggunakan alat kilovolt power supply (a), skematik DES in vivo

86

6.3	Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada media air dengan tegangan dan waktu papar yang beda-beda	87
6.4	Mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada perlakuan DES media tanah dengan tegangan dan waktu papar yang beda-beda	89
6.5	Persentase mortalitas <i>A. fragariae</i> pada pengujian rumah plastik setelah diberi perlakuan DES dengan tegangan yang berbeda-beda	91
6.6	Derajat lisis nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> akibat perlakuan DES pada media air dibanding dengan kontrol: (a) lisis ringan, (b) lisis sedang, (c) lisis berat, dan (d) kontrol	92
6.7	Derajat lisis nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> akibat perlakuan DES pada media tanah dibanding dengan kontrol: (a) lisis ringan, (b) lisis sedang, (c) lisis berat, dan (d) kontrol	93



DAFTAR TABEL

3.1	<i>Aphelenchoides</i> sp dan <i>outgroup</i> yang digunakan dalam perunutan nukleotida gen 28S rRNA	42
3.2	<i>Aphelenchoides besseyi</i> dan <i>outgroup</i> yang digunakan dalam perunutan nukleotida gen COI	47
3.3	<i>Aphelenchoides bicaudatus</i> dan <i>outgroup</i> yang digunakan dalam perunutan nukleotida gen 28S rRNA	51
3.4	<i>Aphelenchoides fragariae</i> dan <i>outgroup</i> yang digunakan dalam perunutan nukleotida gen COI	53
3.5	<i>Aphelenchoides fujianensis</i> dan <i>outgroup</i> yang digunakan dalam perunutan nukleotida gen 28S rRNA	55
3.6	Tanaman inang dan spesies nematoda <i>Aphelenchoides</i> spp. yang ditemukan di lokasi pengambilan sampel	59
4.1	Biakan cendawan yang digunakan untuk memperbanyak nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	65
4.2	Jumlah akhir nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada biakan cendawan dan suhu yang berbeda-beda	67
4.3	Tipe gejala infeksi <i>Aphelenchoides fragariae</i> dan masa inkubasi pada berbagai tanaman inang	68
4.4	Tipe gejala infeksi <i>Aphelenchoides fragariae</i> dan masa inkubasi pada berbagai tanaman inang	69
5.1	Pengaruh ultrasonik dengan waktu papir berbeda terhadap persentase mortalitas <i>A. fragariae</i>	76
5.2	Populasi nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada perlakuan ultrasonik dengan menggunakan waktu papir yang berbeda-beda	78
5.3	Tinggi tanaman dan panjang akar pada perlakuan ultrasonik dengan menggunakan beberapa waktu papir	80
6.1	Pengaruh perlakuan DES terhadap pertumbuhan tanaman	94

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data sebaran nematoda <i>Aphelenchoides</i> pada berbagai tanaman inang di Pulau Jawa	120
2	Karakter morfometri <i>Aphelenchoides</i> sp.	123
3	Karakter morfometri <i>Aphelenchoides besseyi</i> asal benih padi IPB3S	124
4	Karakter morfometri <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> yang terinfestasi pada tanaman stroberi	124
5	Karakter morfometri <i>Aphelenchoides fragariae</i>	125
6	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides</i> sp. isolat Brebes, Majalengka dan Nganjuk menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1	126
7	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides</i> sp. isolat Brebes, Majalengka dan Nganjuk dengan negara lain menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1	128
8	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen COI <i>Aphelenchoides besseyi</i> Indonesia dengan negara lain menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1.	133
9	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> Indonesia dengan negara lain menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1.	138
10	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen COI <i>Aphelenchoides fragariae</i> Indonesia dengan negara lain menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1	140
11	Analisis penyejajaran runutan nukleotida gen 28S rRNA <i>Aphelenchoides fujianensis</i> Indonesia dengan negara lain menggunakan perangkat lunak BioEdit versi 7.7.1.	142
12	Kumpulan sekuen <i>Aphelenchoides</i> sp. yang digunakan dalam analisis penyejajaran dan filogenetik	145
13	Kumpulan sekuen <i>Aphelenchoides besseyi</i> yang digunakan dalam analisis penyejajaran dan filogenetik	150
14	Kumpulan sekuen <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> yang digunakan dalam analisis penyejajaran dan filogenetik	153
15	Kumpulan sekuen <i>Aphelenchoides fragariae</i> yang digunakan dalam analisis penyejajaran dan filogenetik	155
16	Kumpulan sekuen <i>Aphelenchoides fujianensis</i> yang digunakan dalam analisis penyejajaran dan filogenetik	157
17	Olah data hubungan tinggi tanaman dengan waktu paparan pada perlakuan ultrasonik menggunakan SAS JMP v 10.	160
18	Olah data hubungan panjang akar dengan waktu paparan pada perlakuan ultrasonik menggunakan SAS JMP v 10.	162

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta milik IPB University

IPB University

19	Olah data persentase mortalitas <i>Aphelenchoides fragariae</i> perlakuan DES tanah	164
20	Olah data pengaruh DES air (in vitro) terhadap mortalitas nematoda	170
21	Olah data pengaruh DES terhadap tinggi tanaman	178
22	Olah data pengaruh DES terhadap panjang akar	180
23	Olah data populasi nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada biakan cendawan	182
24	Faktor reproduksi nematoda <i>Aphelenchoides fragariae</i> pada biakan cendawan	184

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.