



DETEKSI DAN IDENTIFIKASI FITONEMATODA KARANTINA PADA BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.) VARIETAS LOKAL DAN IMPOR

FATIMATUZZAHROH



PROGRAM STUDI PENGENDALIAN HAMA TERPADU
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

@Hak Cipta milik IPB University

IPB University

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Deteksi dan Identifikasi Fitonematoda Karantina pada Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Varietas Lokal dan Impor” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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 usulan penelitian ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Fatimatuzzahroh
A3503231021

- 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*

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

FATIMATUZZAHROH. Deteksi dan Identifikasi Fitonematoda Karantina pada Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Varietas Lokal dan Impor. Dibimbing oleh SUPRAMANA, TRI ASMIRA DAMAYANTI, dan FITRIANINGRUM KURNIAWATI.

Budi daya tanaman bawang putih di Indonesia umumnya dikembangkan di daerah dataran tinggi dengan tanah yang subur. Bawang putih lokal merupakan hasil seleksi varietas oleh penangkar dan adaptasi terhadap kondisi agroekologi setempat. Varietas yang umum dibudidayakan adalah ‘Lumbu Putih’, ‘Lumbu Kuning’, dan ‘Lumbu Hijau’. Selain itu, terdapat varietas unggul yang dikembangkan secara spesifik di daerah tertentu, antara lain Tawangmangu Baru asal Tawangmangu, ‘Geol’ asal Temanggung, dan ‘Sangga Sembalun’ asal Sembalun.

Produksi bawang putih lokal di Indonesia pada 2015–2022 rata-rata 57.119 ton/tahun. Di sisi lain, rata-rata konsumsi mencapai 665.033 ton/tahun, menyebabkan ketergantungan terhadap bawang putih impor. Impor bawang putih sebagian besar dipasok dari Cina, Taiwan, dan Amerika Serikat. Tingginya volume impor ini berpotensi terintroduksinya organisme pengganggu tumbuhan karantina (OPTK) melalui bahan perbanyakan tanaman. Pemerintah merumuskan kebijakan tata niaga dan perlindungan petani lokal melalui regulasi impor.

Kementerian Pertanian menerbitkan Rekomendasi Impor Produk Hortikultura (RIPH) melalui Permentan nomor 24 tahun 2018 yang mewajibkan importir menanam dan menghasilkan 5% bawang putih dari volume impor. Program RIPH pada periode 2017–2019 bawang putih impor varietas ‘Great Black Leaf’ (GBL) asal Cina digunakan sebagai bahan perbanyakan karena ketersediaan benih lokal sangat terbatas. Introduksi bawang putih impor pada program RIPH dapat menyebabkan infestasi OPTK A1 di lahan pertanaman bawang putih lokal. Laporan terkait keberadaan *Ditylenchus* spp. dan *Aphelenchoides* spp. pada tanaman bawang putih lokal perlu dikonfirmasi untuk mencegah risiko penyebaran dan menjadi salah satu faktor penghambat budi daya.

Pengamatan insidensi penyakit dan pengambilan sampel bawang putih lokal dilakukan di 43 lahan bekas penanaman bawang putih impor di Kabupaten Lombok Timur (Nusa Tenggara Barat) dan Kabupaten Temanggung (Jawa Tengah). Informasi mengenai teknik budi daya dilakukan melalui wawancara 43 petani secara langsung. Pengambilan sampel tanah dan tanaman dilakukan secara *purposive sampling* dengan kriteria tanaman kerdil secara mengelompok, serta memiliki ujung daun menguning dan terpilin. Data informasi hubungan budi daya dan agroklimat terhadap insidensi penyakit dianalisis dengan uji *Chi-square*. Bawang putih impor diperoleh dari Balai Besar Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan (BBKHIT) serta pasar tradisional yang dipilih dengan metode *random sampling*.

Ekstraksi nematoda dilakukan dengan metode flotasi sentrifugasi, pengabutan (*mist chamber*) dan modifikasi corong Baermann untuk sampel, tanah,

sampel akar, serta sampel umbi dan daun. Ekstraksi DNA dilakukan dengan metode Holterman melalui homogenisasi 1–3 ekor nematoda ke dalam *worm lysis buffer*.

Identifikasi morfologi dilakukan dengan mengamati karakteristik kunci spesies mulai dari bagian anterior hingga posterior, sementara pengukuran morfometrik nematoda dilakukan berdasarkan formula De Man. Identifikasi secara molekuler dilakukan dengan PCR menggunakan primer universal (D2A-D3B) yang menargetkan gen 28S rRNA pada nematoda. Konfirmasi spesies fitonematoda OPTK dilakukan dengan primer spesifik *Ditylenchus destructor* dengan target ITS-DNA dan *Aphelenchoides fragariae* (AFragF1-AFragR1) yang menargetkan daerah *internal transcribed space* (ITS1) nematoda. Runutan DNA hasil amplifikasi menggunakan primer universal D2A-D3B dianalisis melalui penyejajaran berganda *ClustalW* menggunakan BioEdit versi 7.2.5 dan analisis homologi menggunakan *software* SDT versi 1.3. Konstruksi filogenetik dilakukan dengan metode *Maximum likelihood* dan model Kimura 2-parameter 1000 *bootstrap* pada perangkat lunak MEGA 12.0.

Faktor budi daya dan agroklimat berhubungan dengan insidensi penyakit fitonematoda pada bawang putih lokal. Faktor tersebut meliputi penggunaan mulsa, penggunaan herbisida, jenis pengairan, tekstur tanah, pH tanah, suhu tanah, kemiringan lahan, serta ketinggian lahan. Pengamatan gejala penyakit akibat fitonematoda di lahan menunjukkan dua tipe gejala, yaitu nekrosis pada tajuk dan puru pada perakaran. Gejala nekrotik dan penyempitan daun dapat disebabkan oleh nematoda daun dari genus *Aphelenchoides*, sedangkan gejala puru pada perakaran disebabkan oleh *Meloidogyne incognita*. Insidensi penyakit akibat fitonematoda di Lombok Timur menunjukkan seluruh varietas memiliki nilai insidensi relatif rendah <30%. Sebaliknya, di Temanggung insidensi penyakit cenderung lebih tinggi, terutama pada varietas ‘Geol’ yang mencapai 34,5%.

Analisis morfologi, morfometrik, dan molekuler menunjukkan bahwa fitonematoda (OPTK) A2, yaitu *A. fragariae* ditemukan pada kedua sentra produksi bawang putih lokal. Spesies lain yang ditemukan adalah *A. bicaudatus*, *A. varicaudatus*, dan *A. pseudogoodeyi*. Selain itu, *M. incognita* dan *D. ferepolitor* hanya ditemukan dari sampel Temanggung. *D. destructor* adalah OPTK A1 yang ditemukan terintersepsi pada sampel bawang putih impor dari pasar tradisional dan Balai Besar Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan (BBKHIT).

Ciri morfologi *Aphelenchoides* yaitu bibir *offset*, metakorpus hampir memenuhi rongga tubuh, dan esofagus yang tumpang tindih atau *overlap* dengan usus. Perbedaan antar spesies dapat dilihat dari bentuk mukro pada ujung ekor. Karakteristik morfometrik dalam penelitian ini menunjukkan bahwa panjang tubuh (L), panjang stilet, rasio panjang dan lebar tubuh (a), rasio panjang tubuh dan panjang ekor (c), panjang ekor, serta panjang *post uterine sac* (PUS) dapat menjadi pembeda antar spesies pada betina. Morfologi *M. incognita* pada fase juvenil dua (J2) memiliki bentuk vermiform, bibir *non offset*, stilet pendek dengan knob tebal, dan ujung ekor memiliki *hyaline*. Morfologi *D. ferepolitor* bibir sedikit *offset*, stilet sangat pendek dengan knob kecil dan tebal, serta memiliki enam *incisures* pada bidang lateral.

Analisis molekuler pada enam spesies fitonematoda isolat Temanggung dan Lombok Timur dilakukan menggunakan primer D2A–D3B dengan target gen 28S rRNA (region D2–D3) berhasil teramplifikasi dengan fragmen berukuran ±780 pasang basa (pb). Hasil analisis penyejajaran pada masing-masing sekuens

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.

penelitian dengan sekuens pembandingan menunjukkan adanya variasi nukleotida. Nilai *pairwise identity* pada masing-masing isolat berada di atas 90% dan memiliki kekerabatan terhadap isolat pembandingan dari berbagai negara dan inang yang berbeda. Tingginya tingkat kemiripan ini mengindikasikan bahwa isolat yang diperoleh dari kedua lokasi memiliki kekerabatan yang dekat dengan spesies yang telah dilaporkan sebelumnya, meskipun berasal dari inang dan lokasi geografis yang berbeda. Konfirmasi spesies *A. fragariae* menggunakan primer spesifik AFragF1-AFragR1 berhasil teramplifikasi dengan ukuran fragmen ± 169 pb. Selain itu, konfirmasi spesies *D. destructor* dari bawang putih impor menggunakan primer spesifik dengan gen target ITS-1 berhasil teramplifikasi dengan ukuran fragmen ± 780 pb.

Kata kunci: insidensi penyakit, molekuler, morfometrik, nematoda daun



SUMMARY

FATIMATUZZAHROH. Detection and Identification of Quarantine Phytonematodes on Local Varieties and Imported Garlic (*Allium sativum* L.). Supervised by SUPRAMANA, TRI ASMIRA DAMAYANTI, and FITRIANINGRUM KURNIAWATI.

Garlic (*Allium sativum*) cultivation in Indonesia is generally developed in highland regions characterized by fertile soil. Local garlic varieties are resulted from breeders' selection and well adapted to local agroecological conditions. Three varieties namely 'Lumbu Putih', 'Lumbu Kuning', and 'Lumbu Hijau' are commonly cultivated. Additionally, there are superior varieties specifically developed in certain regions, such as 'Tawangmangu Baru' from Tawangmangu, 'Geol' from Temanggung, and 'Sangga Sembalun' from Sembalun.

Local garlic production in Indonesia averaged 57,119 tons/year from 2015 to 2022. Meanwhile, average consumption reached 665,033 tons per year, leading to a dependency on imported garlic. Garlic imports are primarily sourced from China, Taiwan, and the United States. This high import volume has the potential to introduce quarantine plant pests through plant propagation materials. The government has formulated trade policies and protected local farmers through import regulations

The Ministry of Agriculture issued the Horticultural Product Import Recommendation (RIPH) through Ministerial Regulation No. 24 of 2018, which obligates importers to cultivate and produce garlic equivalent to 5% of their total import volume. Due to the highly limited availability of local seeds, the RIPH program during the 2017–2019 period utilized the imported 'Great Black Leaf' (GBL) variety from China. However, the introduction of imported garlic within the RIPH program poses a risk of causing A1 quarantine pest infestations in local garlic fields. Reports of the presence of *Ditylenchus* spp. and *Aphelenchoides* spp. in local garlic plants need to be confirmed to prevent the risk of spread and becoming a factor inhibiting cultivation.

Observations of disease incidence and sampling of local garlic were carried out across 43 fields previously used for imported garlic cultivation in East Lombok Regency (West Nusa Tenggara) and Temanggung Regency (Central Java). Information regarding cultivation practices was obtained through direct interviews with 43 farmers. Soil and plant sampling was conducted using a purposive sampling method based on the criteria of clustered stunted plants showing chlorotic (yellowed) and twisted leaf tips. Data on the relationship between cultivation practices, agroclimatic factors, and disease incidence were analyzed using the Chi-square test. Imported garlic samples were obtained from the Center for Animal, Fish, and Plant Quarantine (BBKHIT) and traditional markets selected by a random sampling method.

Nematode extraction was carried out using the flotation centrifugation, mist chamber, and modified Baermann funnel methods for soil, root, bulb, and leaf samples, respectively. DNA extraction was done by the Holterman method, with 1–3 nematodes homogenized into a worm lysis buffer.

Morphological identification was performed by observing key characteristics from the species from anterior to the posterior region, while morphometric measurements of nematodes were performed based on De Man's formula. Molecular identification was performed by PCR using universal primers (D2A-D3B) targeting the 28S rRNA gene in nematodes. Confirmation of the quarantine phytonematodes was performed using specific primers for *Ditylenchus destructor* targeting ITS-rDNA and *Aphelenchoides fragariae* (AFragF1-AFragR1) targeting the internal transcribed spacer 1 (ITS1) region of the nematodes. DNA sequences amplified by universal primers D2A-D3B were analyzed using ClustalW multiple sequence alignment through BioEdit version 7.2.5 and homology analysis was analyzed using SDT software version 1.3. Phylogenetic construction was performed using the Maximum Likelihood method based on the Kimura 2-parameter model with 1,000 bootstrap replicates in MEGA 12.0 software.

Cultivation and agroclimatic factors were associated with the incidence of phytonematode diseases in local garlic. These factors included mulch application, herbicide usage, irrigation type, soil texture, soil pH, soil temperature, field slope, and altitude. Field observations of phytonematode-induced disease symptoms revealed two primary types of symptoms: leaf tip necrosis and root galling. Necrotic symptoms and leaf narrowing can be caused by foliar nematodes of the genus *Aphelenchoides*, whereas root-galling symptoms are caused by *Meloidogyne incognita*. The incidence of phytonematode diseases in East Lombok showed that all varieties maintained a relatively low incidence value of <30%. Conversely, disease incidence tended to be higher in Temanggung, particularly on the 'Geol' variety, which reached 34,5%.

The morphological, morphometric, and molecular analyses showed that the A2-category quarantine phytonematode, *A. fragariae* was found in both local garlic production centers. Other species found were *A. bicaudatus*, *A. varicaudatus*, and *A. pseudogoodeyi*. Furthermore, *M. incognita* and *D. ferepolitor* were found only in samples from Temanggung. Notably, *D. destructor* is an A1-category quarantine pest that was intercepted in imported garlic samples from traditional markets and BBKHIT.

The morphological characteristics of *Aphelenchoides* include an offset lip region, a large metacarpus nearly filling the body cavity, and an esophagus that overlaps with the intestine. Diagnostic features distinguishing the species can be observed from the shape of the mucro at the tail tip. Morphometric characteristics in this study indicated that body length (L), stylet length, body length-to-width ratio (a), body length-to-tail length ratio (c), tail length, and post-uterine sac (PUS) length can be used to differentiate between species in females. The morphology of *M. incognita* in the second-stage juvenile (J2) phase featured a vermiform shape, a non-offset lip region, a short stylet with prominent knobs, and a hyaline tail terminal. The morphology of *D. ferepolitor* displayed a slightly offset lip region, a very short stylet with small and prominent knobs, and six incisures on the lateral field.

Molecular analysis of the six phytonematode species isolated from Temanggung and East Lombok using the D2A–D3B primers targeting the 28S rRNA gene (D2–D3 region) was successfully amplified a fragment size of approximately 780 base pairs (bp). Alignment analysis of each research sequence against reference sequences indicated nucleotide variations. The pairwise identity



values for each isolate were above 90%, showing close phylogenetic relationships with reference isolates from various countries and different hosts. This high level of similarity indicates that the isolates obtained from both locations are closely related to previously reported species, despite originating from different hosts and geographical regions. Species confirmation of *A. fragariae* using the specific primers AFragF1-AFragR1 was successfully amplified a fragment with size of approximately 169 bp. Additionally, species confirmation of *D. destructor* from imported garlic using specific primers targeting the ITS-1 gene was successfully amplified with a fragment size of approximately 780 bp.

Keywords: disease incidence, foliar nematodes, molecular, morphometric

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, Tahun 2026

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 apa pun tanpa izin IPB.

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



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DETEKSI DAN IDENTIFIKASI FITONEMATODA KARANTINA PADA BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.) VARIETAS LOKAL DAN IMPOR

FATIMATUZZAHROH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Pengendalian Hama Terpadu

**PROGRAM STUDI PENGENDALIAN HAMA TERPADU
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si.

- 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.



Judul Tesis : Deteksi dan Identifikasi Fitonematoda Karantina pada Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Varietas Lokal dan Impor
Nama Mahasiswa : FatimatuZZahroh
NIM : A3503231021

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Ketua Komisi Pembimbing:
Dr. Ir. Supramana, M.Si.

Anggota Komisi Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr.

Anggota Komisi Pembimbing 2:
Dr. Fitrianingrum Kurniawati, S.P., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Dr. Ir. Ali Nurmansyah, M.Si.
NIP. 19630212199021001

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

Tanggal Ujian: 09 Maret 2026

Tanggal Lulus: 25 MAY 2026



@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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul "Deteksi dan Identifikasi Fitonematoda Karantina pada Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Varietas Lokal dan Impor" dengan sebaik-baiknya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para dosen pembimbing Dr. Ir. Supramana, M.Si., Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr., dan Dr. Fitrianingrum Kurniawati, S.P., M.Si. atas perhatian, arahan, serta bimbingan yang diberikan selama masa studi hingga penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si. selaku dosen penguji pada ujian tesis, seluruh dosen, dan keluarga besar Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, atas ilmu dan dukungan yang telah diberikan selama masa studi.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Lukman Hakim dan Ibu Sa'diyah, serta seluruh keluarga atas segala doa, dukungan, dan kasih sayang tanpa syarat yang senantiasa diberikan kepada penulis selama ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Qudwatun Nisaa, Aulia Maulidya, Athifah Balqis Luqmana, I Gusti Widyastiti, Farhantyo Fauzan Dwinugroho, Muhammad Mirsodi, teman-teman PHT 2022/2023 dan laboratorium nematologi tumbuhan IPB yang telah menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Fatimatuzzahroh

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bioekologi Bawang Putih (<i>Allium sativum</i> L.)	6
2.1.1 Syarat Tumbuh dan Perbanyakan Bawang Putih	6
2.1.2 Varietas Bawang Putih Lokal	7
2.3 Fitonematoda Penting pada Bawang Putih	8
2.3.1 Bioekologi <i>Ditylenchus dipsaci</i>	8
2.3.2 Bioekologi <i>Ditylenchus destructor</i>	10
2.3.3 Bioekologi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	11
2.3.4 Bioekologi <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	12
2.3.5 Bioekologi <i>Aphelenchoides varicaudatus</i>	13
2.3.6 Bioekologi <i>Meloidogyne incognita</i>	15
2.4 Identifikasi pada Fitonematoda	16
2.4.1 Marka Molekular pada Fitonematoda	16
III METODE	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Pengamatan Kondisi Umum dan Faktor Budi daya pada Bawang Putih Varietas Lokal	18
3.3 Pengukuran Insidensi Penyakit pada Bawang Putih Varietas Lokal	18
3.3.1 Pengukuran Insidensi Penyakit	18
3.3.2 Analisis Faktor Budi daya dan Agroklimat Terhadap Insidensi Penyakit	19
3.4 Pengambilan Sampel Bawang Putih	19
3.5 Ekstraksi Nematoda	19
3.6 Analisis Komunitas Fitonematoda pada Bawang Putih Varietas Lokal	20
3.7 Identifikasi Morfologi dan Morfometrik	21
3.7.1 Pembuatan Preparat Semipermanen	21
3.7.2 Pengamatan Karakter Morfologi dan Morfometrik	21
3.8 Identifikasi Spesies Berdasarkan Karakter Molekuler	22
3.8.1 Ekstraksi DNA Nematoda	22
3.8.2 Amplifikasi DNA Menggunakan Primer Universal	22

3.8.3 Amplifikasi DNA Menggunakan Primer Spesifik	22
3.8.4 Visualisasi DNA	23
3.8.5 Perunutan dan Analisis Nukleotida	23

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 24

@Hak cipta milik IPB University

4.1 Kondisi Agroklimat, Teknik Budi daya, dan Gejala Penyakit pada Bawang Putih di Sentra Produksi	24
4.1.1 Kondisi Agroklimat dan Teknik Budi daya di Lombok Timur	24
4.1.2 Kondisi Agroklimat dan Teknik Budi daya di Temanggung	27
4.1.3 Gejala Penyakit yang Umum pada Bawang Putih Lokal	28
4.2 Populasi Fitonematoda pada Bawang Putih Lokal	30
4.3 Komunitas Fitonematoda pada Bawang Putih Lokal	32
4.4 Insidensi dan Gejala Penyakit Akibat Fitonematoda pada Bawang Putih	34
4.4.1 Insidensi Penyakit Akibat Fitonematoda pada Bawang Putih Lokal	34
4.4.2 Analisis Teknik Budi daya dan Agroklimat terhadap Insidensi Penyakit Fitonematoda	35
4.4.3 Gejala Penyakit Akibat Nematoda Daun di Lombok dan Temanggung	38
4.5 Karakteristik Morfologi Fitonematoda Bawang Putih Lokal	39
4.5.1 Karakteristik Morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	39
4.5.2 Karakteristik Morfologi <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	41
4.5.3 Karakteristik Morfologi <i>Aphelenchoides varicaudatus</i>	41
4.5.4 Karakteristik Morfologi <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i>	43
4.5.5 Karakteristik Morfologi <i>Meloidogyne incognita</i>	44
4.5.6 Karakteristik Morfologi <i>Ditylenchus ferepolitor</i>	44
4.6 Karakteristik Morfometrik Fitonematoda pada Bawang Putih Lokal	45
4.6.1 Karakteristik Morfometrik <i>Aphelenchoides fragariae</i>	45
4.6.2 Karakteristik Morfometrik <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	47
4.6.3 Karakteristik Morfometrik <i>Aphelenchoides varicaudatus</i>	48
4.6.4 Karakteristik Morfometrik <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i>	49
4.6.5 Karakteristik Morfometrik <i>Ditylenchus ferepolitor</i>	50
4.7 Analisis Molekuler Fitonematoda pada Bawang Putih Lokal Berdasarkan Gen 28S rRNA	51
4.7.1 Hasil Analisis Molekuler <i>Aphelenchoides fragariae</i> isolat Lombok Timur dan Temanggung	52
4.7.2 Hasil Analisis Molekuler <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> sampel Lombok dan Temanggung	55
4.7.3 Hasil Analisis Molekuler <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> Sampel Lombok Timur dan Temanggung	56
4.7.4 Hasil Analisis Molekuler <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> isolat Lombok Timur dan Temanggung	58
4.7.5 Hasil Analisis Molekuler <i>Meloidogyne incognita</i> sampel Temanggung	59
4.7.6 Hasil Analisis Molekuler <i>Ditylenchus ferepolitor</i> sampel Temanggung	60
4.8 Karakteristik Fitonematoda OPTK pada Bawang Putih Impor	62

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.

4.8.1 Morfologi dan Morfometrik <i>Ditylenchus destructor</i>	62
4.8.2 Konfirmasi <i>Ditylenchus destructor</i> menggunakan Primer Spesifik	64

V PEMBAHASAN UMUM	65
-------------------	----

VI SIMPULAN	69
-------------	----

6.1 Simpulan	69
--------------	----

6.2 Saran	69
-----------	----

DAFTAR PUSTAKA	70
----------------	----

LAMPIRAN	82
----------	----

RIWAYAT HIDUP	104
---------------	-----





DAFTAR GAMBAR

1.1	Ruang lingkup penelitian: Deteksi dan identifikasi fitonematoda karantina pada Bawang putih (<i>Allium sativum</i> L.) varietas lokal dan impor	5
2.1	Karakteristik morfologi <i>Ditylenchus dipsaci</i>	9
2.2	Karakteristik morfologi <i>Ditylenchus destructor</i>	10
2.3	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i>	12
2.4	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	13
2.5	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides varicaudatus</i>	14
2.6	Karakteristik morfologi <i>Meloidogyne incognita</i>	15
2.7	Amplifikasi segmen ekspansi D2-D3 dari gen rRNA 28S-LSU	16
3.1	Petak pengamatan insidensi penyakit akibat fitonematoda secara diagonal	19
4.1	Lokasi pengambilan sampel bawang putih di Kabupaten Lombok Timur	25
4.2	Teknik budi daya bawang putih secara tradisional di Lombok Timur	26
4.3	Pengolahan pascapanen pada bawang putih lokal di Lombok Timur	26
4.4	Lokasi pengambilan sampel bawang putih di Kabupaten Temanggung	27
4.5	Teknik budi daya bawang putih di Kabupaten Temanggung	28
4.6	Gejala penyakit yang umum ditemukan pada tanaman bawang putih lokal	29
4.7	Indeks Keanekaragaman (H') nematoda bawang putih lokal pada berbagai jenis varietas dan sampel	33
4.8	Indeks pemerataan nematoda bawang putih lokal pada berbagai jenis varietas dan sampel	33
4.9	Indeks dominansi Simpson nematoda bawang putih lokal pada berbagai jenis varietas dan sampel	34
4.10	Gejala penyakit akibat nematoda daun pada bawang putih lokal	38
4.11	Gejala penyakit akibat fitonematoda akar pada bawang putih lokal	39
4.12	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i> betina pada bawang putih lokal	40
4.13	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides fragariae</i> jantan pada bawang putih lokal	40
4.14	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> betina pada bawang putih lokal	41
4.15	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> betina pada bawang putih lokal	42
4.16	Karakteristik morfologi <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> betina pada bawang putih lokal	43

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.

4.17	Karakteristik morfologi <i>Meloidogyne incognita</i> juvenil dua	44
4.18	Karakteristik morfologi <i>Ditylenchus ferepolitor</i> betina dan jantan	45
4.19	Visualisasi hasil amplifikasi primer D2A-D3B isolat Lombok Timur dan Temanggung	52
4.20	Tingkat similaritas isolat <i>Aphelenchoides fragariae</i> dengan sekuens NCBI	53
4.21	Pohon filogeni isolat <i>Aphelenchoides fragariae</i> Indonesia terhadap isolat dari beberapa negara	54
4.22	Visualisasi hasil amplifikasi <i>A. fragariae</i> dengan primer spesifik AFragF1-AFragR1	54
4.23	Tingkat similaritas <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> dengan sekuen asal NCBI	55
4.24	Pohon filogeni <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> Indonesia terhadap beberapa isolat pembanding	56
4.25	Tingkat similaritas <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> dengan sekuens NCBI	57
4.26	Pohon filogeni <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> Indonesia terhadap beberapa isolat pembanding	57
4.27	Tingkat similaritas <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> dengan sekuens NCBI	58
4.28	Pohon filogeni <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> Indonesia terhadap isolat pembanding	59
4.29	Tingkat similaritas <i>Meloidogyne incognita</i> dengan sekuen asal NCBI	60
4.30	Pohon filogeni <i>Meloidogyne incognita</i> Indonesia terhadap isolat pembanding	60
4.31	Tingkat similaritas <i>Ditylenchus ferepolitor</i> dengan sekuen asal NCBI	61
4.32	Pohon filogeni <i>Ditylenchus ferepolitor</i> isolat Indonesia terhadap isolat pembanding	62
4.33	Gejala penyakit pada umbi impor asal Cina	62
4.34	Morfologi <i>Ditylenchus destructor</i> pada bawang putih impor	63
4.35	Hasil amplifikasi <i>Ditylenchus destructor</i> menggunakan primer spesifik ITS-rDNA	64





DAFTAR TABEL

2.1	Karakteristik bawang putih varietas lokal	8
3.1	Klasifikasi kemiringan lahan pada lokasi penelitian bawang putih lokal	18
2.2	Pengukuran morfometrik fitonematoda berdasarkan formula De Man	22
3.3	Pasangan primer spesifik untuk identifikasi spesies fitonematoda	23
3.4	Program amplifikasi DNA fitonematoda dengan teknik PCR	23
4.1	Populasi fitonematoda sampel daun di Lombok Timur dan Temanggung	32
4.2	Populasi fitonematoda sampel umbi di Lombok Timur dan Temanggung	31
4.3	Populasi fitonematoda sampel akar di Lombok Timur dan Temanggung	31
4.4	Populasi fitonematoda sampel tanah di Lombok Timur dan Temanggung	30
4.5	Insidensi penyakit fitonematoda di Lombok Timur dan Temanggung	35
4.6	Analisis tabulasi silang antara faktor budi daya dan agroklimat terhadap insidensi penyakit nematoda	37
4.7	Morfometrik <i>Aphelenchoides fragariae</i> betina pada bawang putih	46
4.8	Morfometrik <i>Aphelenchoides fragariae</i> jantan	47
4.9	Morfometrik <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> betina	48
4.10	Morfometrik <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> betina	49
4.11	Morfometrik <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> betina	50
4.12	Karakter morfometrik <i>Ditylenchus ferepolitor</i> dan spesies pembanding	51
4.13	Daftar nomor aksesori isolat hasil identifikasi primer D2A-D3B	52
4.14	Morfometrik <i>Ditylenchus destructor</i> betina pada umbi bawang putih impor	63

@fak cpa Milik IPB University



DAFTAR LAMPIRAN

1 Informasi Umum Lokasi Pengambilan Sampel di Kabupaten Lombok Timur	83
2 Informasi Umum Lokasi Pengambilan Sampel di Kabupaten Temanggung	84
3 Fitonematoda pada bawang putih lokal	85
4 Genus nematoda non parasit pada tanaman bawang putih lokal	87
5 Similaritas <i>Aphelenchoides fragariae</i> Indonesia terhadap beberapa isolat	90
6 Similaritas <i>Aphelenchoides bicaudatus</i> Indonesia terhadap beberapa isolat	90
7 Similaritas <i>Aphelenchoides varicaudatus</i> Indonesia terhadap beberapa isolat	91
8 Similaritas <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i> terhadap beberapa isolat	91
9 Similiaritas isolat <i>Meloidogyne incognita</i> Indonesia terhadap beberapa isolat	92
10 Similaritas isolat <i>Ditylenchus ferepolitor</i> Indonesia terhadap beberapa isolat	92
11 Analisis penyejajaran berganda <i>Aphelenchoides fragariae</i>	93
12 Analisis penyejajaran berganda <i>Aphelenchoides bicaudatus</i>	95
13 Analisis penyejajaran berganda <i>Aphelenchoides varicaudatus</i>	96
14 Analisis penyejajaran berganda <i>Aphelenchoides pseudogoodeyi</i>	98
15 Analisis penyejajaran berganda <i>Meloidogyne incognita</i>	100
16 Analisis penyejajaran berganda <i>Ditylenchus ferepolitor</i>	102