FITONEMATODA TERBAWA UMBI KENTANG DI SENTRA PRODUKSI KENTANG PULAU JAWA: IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN

WAWAN KURNIAWAN

PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

@Hak cipta milik IPB University

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul "Fitonematoda Terbawa Umbi Kentang di Sentra Produksi Kentang Pulau Jawa: Identifikasi 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 penelitian saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Wawan Kurniawan
NIM A3602202002

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.

IPB University

Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

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.

IPB University
Bogor Indonesia

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

WAWAN KURNIAWAN. Fitonematoda Terbawa Umbi Kentang di Sentra Produksi Kentang Pulau Jawa: Identifikasi dan Pengendalian. Dibimbing oleh SUPRAMANA, ABDUL MUNIF, dan GIYANTO.

Fitonematoda terbawa umbi kentang atau *potato tuber-borne nematode* (PTBN) merupakan kelompok nematoda yang mampu bertahan hidup di dalam jaringan umbi. Keberadaannya berperan sebagai patogen gudang dan menjadi sumber inokulum yang dapat menyebar ke areal pertanaman baru, sehingga menjadi salah satu faktor pembatas utama produksi kentang di Indonesia. Spesies nematoda yang berasosiasi dengan tanaman kentang telah banyak dilaporkan, namun belum ada informasi tentang PTBN di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Keterbatasan informasi mengenai keragaman spesies dan keefektifan pengendalian berbasis perlakuan umbi pada tingkat lokal menjadi kendala dalam pengelolaan penyakit secara tepat. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif yang mengintegrasikan identifikasi, analisis keragaman, serta pengembangan strategi pengendalian yang aplikatif. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan, mengelompokkan, menilai gejala dan kehilangan hasil akibat infeksi PTBN, mengidentifikasi keragaman spesies dan genetiknya di sentra produksi Pulau Jawa, serta menguji keefektifan pengendalian melalui teknik *seed treatment* berupa termoterapi dan kemoterapi.

Penelitian ini dilakukan melalui survei di sentra produksi kentang di Pulau Jawa (Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur) dengan pengambilan sampel umbi, baik bergejala penyakit maupun yang tanpa gejala. Sampel umbi bergejala selanjutnya disimpan pada suhu ruangan (25 °C) dan suhu dingin (10–15 °C) selama periode hingga 24 bulan untuk keperluan pengamatan lanjutan. Nematoda diekstraksi dari umbi kentang yang telah disimpan selama tiga bulan menggunakan metode Baermann funnel dan mist chamber. Nematoda yang diperoleh kemudian diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi dan morfometri. Identifikasi molekuler dilakukan menggunakan teknik *polymerase chain reaction* (PCR). Analisis PCR menggunakan primer universal D2A/D3B (28S rDNA) dan CO1 (*Cytochrome c Oxidase subunit* I), serta primer spesifik SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*) dan ITS (*Internal Transcribed Spacer*). Keragaman genetik dianalisis melalui sekuensing Sanger dan rekonstruksi pohon filogenetik. Pengendalian PTBN dilakukan melalui perlakuan benih menggunakan teknik termoterapi dan kemoterapi. Perlakuan termoterapi dilakukan dengan merendam umbi dalam air panas pada berbagai kombinasi suhu dan lama perlakuan, sedangkan kemoterapi dilakukan dengan merendam umbi dalam larutan pestisida dengan variasi lama perendaman. Parameter pengamatan meliputi populasi nematoda dan respons fisiologis tanaman setelah perlakuan.

Hasil survei menunjukkan bahwa infeksi PTBN menimbulkan berbagai gejala penyakit khas pada umbi kentang. Gejala tersebut meliputi *pimple-like swelling*, yang ditandai oleh munculnya puru atau tonjolan kecil pada permukaan umbi, serta *russeted tuber*, yang dicirikan oleh retakan halus atau jaringan parut kasar pada kulit umbi. Selain itu, ditemukan gejala *branched tuber*, yaitu terbentuknya percabangan berupa tonjolan pada sisi umbi, dan *daughter tuber*, yaitu terbentuknya umbi-umbi kecil yang menempel pada umbi utama. Gejala lainnya meliputi *elongated tuber*,

yang ditandai dengan pemanjangan umbi secara abnormal, serta *knobby tuber*, yang dicirikan oleh tonjolan-tonjolan tidak beraturan pada permukaan umbi. Gejala tersebut dikelompokkan menjadi gejala ringan, sedang, dan berat, dengan dampak mulai dari penurunan kualitas hingga tidak layak konsumsi. Gejala tersebut mengindikasikan infeksi oleh *Meloidogyne* spp. Semakin berat gejala yang muncul, semakin tinggi jumlah nematoda yang ditemukan di dalam umbi terutama pada stadia juvenil lanjut dan betina.

Infeksi nematoda mengakibatkan kehilangan hasil yang signifikan di sentra produksi kentang di Pulau Jawa. Kehilangan hasil pada varietas Granola di tingkat lapangan tertinggi ditemukan di Desa Singolangu, Kecamatan Plaosan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur, yaitu sebesar 33–45%, sedangkan yang terendah terjadi di Desa Pekasiran, Kecamatan Batur, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, yaitu sebesar 5–20%. Pada varietas Atlantik, kehilangan hasil tertinggi terjadi di Desa Cikandang, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat, yaitu sebesar 80–85%, sedangkan yang terendah ditemukan di Desa Diengkulon, Kecamatan Batur, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah, yaitu sebesar 3–8%. Selain itu, kehilangan hasil pada pembibitan varietas Granola menunjukkan kecenderungan meningkat pada setiap generasi berikutnya, yang mengindikasikan bahwa nematoda terbawa melalui umbi kentang berkontribusi terhadap akumulasi populasi serta peningkatan kerusakan tanaman.

Identifikasi morfologi, morfometri, dan molekuler mengonfirmasi keberadaan enam nematoda parasit utama kentang, yaitu nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita* dan *M. javanica*), nematoda sista kentang (*Globodera rostochiensis* dan *G. pallida*), dan nematoda peluka/lesi akar (*Pratylenchus penetrans* dan *P. zeae*). Di samping itu, ditemukan juga nematoda mikrofagus/pemakan jamur (*Aphelenchus* sp.). Karakter morfologi yang membedakan antarspesies meliputi bentuk tubuh, stilet, ekor, dan pola perineal betina *Meloidogyne*. Ketujuh spesies nematoda yang teridentifikasi tergolong sebagai nematoda terbawa umbi kentang (PTBN), karena masih dapat ditemukan pada umbi kentang setelah penyimpanan selama lebih dari tiga bulan. Identifikasi secara molekuler menunjukkan bahwa *M. incognita* dan *M. javanica* menghasilkan amplikon berukuran ±955 pb dan ±434 pb menggunakan primer SCAR, sedangkan *G. rostochiensis* dan *G. pallida* masing-masing menghasilkan amplikon berukuran ±670 pb dan ±511 pb menggunakan primer CO1 dan ITS. Sementara itu, *P. penetrans, P. zeae* dan *Aphelenchus* sp. menghasilkan amplikon berukuran ±710 pb menggunakan primer D2A/D3B. Variasi karakter morfologi dan molekuler tersebut didukung oleh hasil analisis *Sequence Demarcation Tool* (SDT) dan rekonstruksi pohon filogenetik yang menunjukkan adanya keragaman genetik antarspesies maupun antarlokasi.

Termoterapi dengan perendaman umbi pada suhu 50 °C selama 20–40 menit merupakan kombinasi suhu dan durasi perlakuan yang optimal sebagai metode pengendalian nematoda secara fisik, karena mampu mengeliminasi nematoda tanpa mengurangi viabilitas umbi kentang. Selain itu, kemoterapi menggunakan *neem oil* 50 g/l pada konsentrasi 15 ml/l selama 12–24 jam juga efektif dalam menekan populasi nematoda dan tidak memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan umbi kentang.

Kata kunci: filogeni, gejala, genetik, kemoterapi, sebaran

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 University
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

SUMMARY

WAWAN KURNIAWAN. Phytonematode Carried on Potato Tubers in The Potato Center of Java Island: Identification and Control. Supervised by SUPRAMANA, ABDUL MUNIF, and GIYANTO.

Potato tuber-borne nematodes (PTBN) are a group of nematodes capable of surviving within tuber tissues. Their presence serves as a storage pathogen and a source of inoculum that can spread to new planting areas, thereby becoming one of the major constraints to potato production in Indonesia. Although numerous nematode species associated with potato have been reported, information regarding PTBN in Indonesia, particularly on Java Island, remains limited. The lack of information on species diversity and the effectiveness of tuber-based control strategies at the local level poses a challenge for proper disease management. Therefore, a comprehensive study integrating identification, diversity analysis, and the development of applicable control strategies is required. This study aimed to describe, classify, and assess symptoms and yield losses associated with PTBN infection, identify species diversity and genetic variability in potato production centers on Java Island, and evaluate the effectiveness of control methods through seed treatment techniques, namely thermotherapy and chemotherapy.

This research was conducted through surveys in potato production centers across Java Island (West Java, Central Java, and East Java) by collecting both symptomatic and asymptomatic tubers. Symptomatic potato tubers were subsequently stored at room temperature (25 °C) and cold storage (10–15 °C) for up to 24 months for further observation. Nematodes were extracted from potato tubers that had been stored for three months using the Baermann funnel and mist chamber methods. The extracted nematodes were subsequently identified based on their morphological and morphometric characteristics. Molecular identification was performed using the polymerase chain reaction (PCR) technique. PCR amplification was carried out using the universal primers D2A/D3B (28S rDNA) and CO1 (Cytochrome c oxidase subunit I), as well as the species-specific SCAR (Sequence Characterized Amplified Region) and ITS (Internal Transcribed Spacer) primers. Genetic diversity was analyzed through Sanger sequencing and phylogenetic tree reconstruction. PTBN control was achieved through seed tuber treatments using thermotherapy and chemotherapy. Thermotherapy was performed by immersing potato tubers in hot water under different temperature and treatment-duration combinations, whereas chemotherapy consisted of immersing tubers in insecticide solutions for varying exposure periods. Treatment effectiveness was assessed by measuring nematode populations and plant physiological responses.

The survey revealed that PTBN infection caused a range of characteristic disease symptoms on potato tubers. These symptoms included pimple-like swelling, characterized by the presence of small galls or wart-like protrusions on the tuber surface. Russeted tubers, characterized by fine cracks or rough, corky lesions on the tuber skin. Other symptoms included branched tubers, which exhibited lateral branching or side protrusions, and daughter tubers, characterized by the formation of small secondary tubers attached to the main tuber. Additional symptoms included elongated tubers, which exhibited abnormal tuber elongation, and knobby tubers,

IPB University
Bogor Indonesia

characterized by irregular protuberances on the tuber surface. These symptoms were categorized into mild, moderate, and severe levels, with impacts ranging from reduced quality to unmarketable tubers. These symptoms indicate infection by *Meloidogyne* spp. The severity of symptoms was positively correlated with the number of nematodes found within the tubers, particularly at advanced juvenile stages and adult females.

Nematode infection caused significant yield losses in potato production areas across Java Island. The highest field yield loss in the Granola cultivar was recorded in Singolangu Village, Plaosan District, Magetan Regency, East Java, ranging from 33 to 45%, whereas the lowest was observed in Pekasiran Village, Batur District, Banjarnegara Regency, Central Java, ranging from 5 to 20%. In the Atlantic cultivar, the highest yield loss occurred in Cikandang Village, Cikajang District, Garut Regency, West Java, reaching 80–85%, while the lowest was recorded in Diengkulon Village, Batur District, Banjarnegara Regency, Central Java, ranging from 3 to 8%. In seed production, yield loss in the Granola cultivar showed an increasing trend across successive generations, indicating that nematodes were transmitted through seed tubers and contributed to the progressive buildup of nematode populations and increased crop damage.

Morphological, morphometric, and molecular analyses confirmed the presence of six major plant-parasitic nematodes associated with potato, including the root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita* and *M. javanica*), potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*), and root-lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans* and *P. zeae*). In addition, a mycophagous (fungus-feeding) nematode, *Aphelenchus* sp., was also detected. The primary morphological characteristics distinguishing these species included body shape, stylet morphology, tail morphology, and the female perineal pattern of *Meloidogyne*. All seven identified species were classified as potato tuber-borne nematodes, as they remained detectable in potato seed tubers after more than three months of storage. Molecular identification revealed that *M. incognita* and *M. javanica* produced amplicons of approximately 955 bp and 434 bp, respectively, using SCAR primers. Likewise, *G. rostochiensis* and *G. pallida* generated amplicons of approximately 670 bp and 511 bp, respectively, using CO1 and ITS primers. Meanwhile, *P. penetrans*, *P. zeae*, and *Aphelenchus* sp. produced amplicons of approximately 710 bp using the D2A/D3B primer set. The observed morphological and molecular variation was further supported by Sequence Demarcation Tool (SDT) analysis and phylogenetic tree reconstruction, which revealed substantial genetic diversity among species and among geographic locations.

Thermotherapy through tuber immersion at 50 °C for 20–40 minutes represents an optimal combination of temperature and exposure time for physical nematode control, as it effectively eliminates nematodes without reducing potato tuber viability. In addition, chemotherapy using neem oil 50 g/l at a concentration of 15 ml/l for 12–24 hours was also effective in suppressing nematode populations without negatively affecting tuber growth.

Keywords: chemotherapy, distribution, diversity, phylogeny, symptoms

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
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan 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 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

FITONEMATODA TERBAWA UMBI KENTANG DI SENTRA PRODUKSI KENTANG PULAU JAWA: IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN

WAWAN KURNIAWAN

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

PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR 2026

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si
2. Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si.

Promotor Luar komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si.
2. Dr. Nurjanah, SP., M.Si.

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Judul Disertasi : Fitonematoda Terbawa Umbi Kentang di Sentra Produksi Kentang Pulau Jawa: Identifikasi dan Pengendalian
Nama : Wawan Kurniawan
NIM : A3602202002

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, M.Sc.Agr.

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si.

Diketahui oleh

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

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

Tanggal Ujian: 7 Mei 2026

Tanggal Pengesahan: 11 AUG 2026

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat *Allah Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi ini. Topik yang dipilih dalam penelitian ini adalah Fitonematoda Terbawa Umbi Kentang di Sentra Produksi Kentang Pulau Jawa: Identifikasi dan Pengendalian. Disertasi ini merupakan 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, Ibunda tercinta Ibu Yati dan Almarhum Ayahanda tercinta Bapak Warjo yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat kepada penulis. Ucapan terima kasih tak terhingga penulis sampaikan kepada komisi pembimbing Dr. Ir. Supramana, M.Si., Prof. Dr. Abdul Munif, M.Sc.Agr., dan Dr. Ir. Giyanto, M.Si., yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kaprodi S3 Fitopatologi Prof. Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si., kepada penguji ujian kualifikasi lisan Prof. Dr. Ir. Dadang, M.Sc., dan Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si. atas masukan yang telah diberikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen penguji luar komisi Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si., Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si., 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., Elsa, S.P., Dr. Rika Meliansyah, S.P., M.Si., dan Muhamad Kadapi, S.P., M.Agr.Sc, Ph.D., serta komdik pasca (Ibu Euis Salsiah dan Ibu Ana) yang telah membantu secara teknis.

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

Bogor, Juli 2026

Wawan Kurniawan

@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

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR LAMPIRAN xxiii
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Kebaruan Penelitian 4
1.6 Hipotesis Penelitian 5
1.7 Lingkup Penelitian 6
II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Tanaman Kentang 7
2.2 Fitonematoda pada Tanaman Kentang 9
2.3 Fitonematoda terbawa Umbi Kentang 10
2.4 Identifikasi Nematoda 21
2.5 Pengendalian Fitonematoda terbawa Umbi Kentang dengan *Seed Treatment* 25
III IDENTIFIKASI FITONEMATODA TERBAWA UMBI KENTANG DI PULAU JAWA 29
Abstrak 29
Abstract 29
3.1 Pendahuluan 30
3.2 Metode Penelitian 31
3.3 Hasil dan Pembahasan 35
3.4 Simpulan 83
IV PENGENDALIAN POTATO TUBER-BORNE NEMATODE DENGAN TEKNIK TERMOTERAPI (*HOT WATER TREATMENT*) 85
Abstrak 85
Abstract 85
4.1 Pendahuluan 86
4.2 Metode Penelitian 87
4.3 Hasil dan Pembahasan 89
4.4 Simpulan 96
V PENGENDALIAN *POTATO TUBER-BORNE NEMATODE* DENGAN TEKNIK KEMOTERAPI (PERENDAMAN DALAM LARUTAN PESTISIDA) 97
Abstrak 97
Abstract 97
5.1 Pendahuluan 98
5.2 Metode Penelitian 98
5.3 Hasil dan Pembahasan 100
5.4 Simpulan 107

VI PEMBAHASAN UMUM 109
VII SIMPULAN UMUM DAN SARAN 115
7.1 Simpulan 115
7.2 Saran 115
DAFTAR PUSTAKA 117
LAMPIRAN 131

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
Hak cipta milik IPB University
IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

3.1 Primer yang digunakan untuk identifikasi nematoda pada tanaman kentang 34
3.2 Program amplifikasi *polymerase chain reaction* pada masing-masing spesies nematoda 34
3.3 Pengelompokan gejala penyakit akibat infeksi PTBN *Meloidogyne* spp. pada umbi kentang 37
3.4 Populasi PTBN *Meloidogyne* spp. pada umbi kentang bergejala dengan sayatan berukuran 1 cm^3 39
3.5 Kehilangan hasil kentang di lahan akibat infeksi nematoda 40
3.6 Kehilangan hasil kentang di pembibitan akibat infeksi nematoda 41
3.7 *Meloidogyne incognita* bersama takson outgroup yang dianalisis menggunakan marker SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*) untuk identifikasi molekuler spesies yang spesifik 48
3.8 *Meloidogyne javanica* bersama takson outgroup yang dianalisis menggunakan marker SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*) untuk identifikasi molekuler spesies yang spesifik 48
3.9 Karakter morfometri *Globodera rostociensis.* 56
3.10 Karakter Morfometri *Globodera pallida* 56
3.11 *Globodera rostochiensis* bersama takson outgroup dan homologinya berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA untuk mengkaji hubungan filogenetik 59
3.12 *Globodera pallida* bersama takson outgroup berdasarkan perunutan nukleotida gen ITS untuk mengkaji hubungan filogenetik 60
3.13 Karakter morfometri juvenil 2 *Pratylenhus penetrans* 66
3.14 Karakter Morfometri *Pratylenhus zeae* 67
3.15 *Pratylenhus penetrans* bersama takson *outgroup* berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA untuk mengkaji hubungan filogenetik 69
3.16 *Pratylenhus zeae* bersama takson outgroup berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA untuk mengkaji hubungan filogenetik 71
3.17 Karakter morfometri *Aphelenchus* sp. 76
3.18 *Aphelenchus* sp. bersama takson outgroup berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA untuk mengkaji hubungan filogenetik 78
4.1 Kategori derajat lisis pada nematoda 89
4.2 Mortalitas J2 *Meloidogyne* spp. setelah perlakuan perendaman air panas (*HWT*) 90
4.3 Pengaruh termoterapi terhadap umbi kentang hingga 30 HSP 92
4.4 Populasi dan mortalitas nematoda terbawa umbi kentang setelah perlakuan termoterapi 94
5.1 Jenis perlakuan dan durasinya 99
5.2 Jumlah dan panjang tunas kentang pada perlakuan *treatment window* 101
5.3 Mortalitas J2 *Meloidogyne* spp. setelah perlakuan perendaman dengan pestisida 103
5.4 Populasi nematoda terbawa umbi kentang yang hidup setelah perlakuan kemoterapi 104

@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 GAMBAR

1.1 Alur penelitian Fitonematoda Terbawa Umbi Kentang di Sentra Produksi Kentang Pulau Jawa: Identifikasi, dan Pengendalian 6
2.1 Tanaman kentang (A) dan Ilustrasi morfologi tanaman kentang (B) 9
2.2 Spesies *Globodera* pada akar kentang, (a) *Globodera rostochiensis* (b) *Globodera pallida* (c) sista *Globodera* spp. telur dan (d) juvenil infektif (J2s) 11
2.3 (a) Gejala daun menguning pada lahan kentang yang terinfeksi oleh *Globodera* spp. (b) tanda infestasi *Globodera* spp pada umbi kentang 12
2.4 (a) Gejala kerdil dan kebotakan pada tanaman kentang akibat infeksi *Meloidogyne javanica* di Zabbar, Malta (Eropa selatan), (b dan c) umbi kentang yang terinfeksi *M. javanica*, (d) bagian dalam umbi kentang menunjukkan banyak betina dewasa dengan massa telur, (e) betina dewasa 14
2.5 Karakteristik dan gejala RKN 15
2.6 Gejala puru yang berbentuk kecil, bulat, seperti manik-manik pada *S. tuberosum* akibat *N. aberrans*. 16
2.7 (a) Gejala kerusakan akibat *Pratylenchus* spp. pada tanaman kentang, (b) akar kentang, (c) umbi kentang 17
2.8 Spesimen *Pratylenchus penetrans* dari asal Portugis. 18
2.9 Siklus hidup dan infeksi kentang oleh *root-lesion nematode* 19
2.10 Gejala kerusakan pada umbi kentang akibat infeksi *D. Destructor* 20
2.11 Kerusakan umbi disebabkan oleh *D. dipsaci* pada kentang, *S. tuberosum*. 20
2.12 Ilustrasi prinsip dan proses kerja yang terlibat dalam metode PCR tradisional dan teknik amplifikasi isotermal 24
3.1 Gejala penyakit pada umbi kentang akibat infeksi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.), nematoda terbawa umbi. 36
3.2 Peta distribusi kehilangan hasil panen kentang di sentra produksi kentang Pulau Jawa 42
3.3 Morfologi potato tuber-borne nematode (PTBN) 44
3.4 Visualisasi hasil amplifikasi DNA menggunakan primer SCAR spesifik untuk *Meloidogyne incognita* menghasilkan fragmen DNA berukuran 955 pb. 46
3.5 Visualisasi hasil amplifikasi DNA menggunakan primer SCAR spesifik untuk *Meloidogyne javanica* menghasilkan fragmen DNA berukuran 434 pb menggunakan UV transiluminator 47
3.6 Matriks hasil analisis homologi sekuen sekuen *Meloidogyne incognita* asal Indonesia dengan negara lain menggunakan *Sequence Demarcation Tools* (SDT) 49
3.7 Matriks hasil analisis homologi sekuen *Meloidogyne javanica* asal Cibodas, Garut dengan negara lain menggunakan *Sequence Demarcation Tools* (SDT) 50
3.8 Pohon filogenetik sekuen sekuen *Meloidogyne incognita* asal Indonesia berdasarkan runutan nukleotida yang dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 51
3.9 Pohon filogenetik sekuen sekuen *Meloidogyne javanica* asal Cikandang, Kabupaten Garut, Jawa Barat. berdasarkan runutan nukleotida yang

IPB University Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 53
3.10 Morfologi *potato tuber-borne nematode* (PTBN) 54
3.11 Visualisasi hasil amplifikasi gDNA dengan gen target 28S rRNA untuk *Globodera rostochiensis* menghasilkan fragmen DNA berukuran 670 pb menggunakan UV transiluminator 57
3.12 Visualisasi hasil amplifikasi DNA menggunakan primer ITS untuk *Globodera pallida* menghasilkan fragmen DNA berukuran 511 pb menggunakan UV transiluminator 58
3.13 Matriks hasil analisis homologi sekuen sekuen *Globodera rostochiensis* asal Batur BBJTe (Batur, Banjarnegara, Jawa Tengah) dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 61
3.14 Pohon filogenetik sekuen sekuen *Globodera rostochiensis* asal Batur BBJTe (Batur, Banjarnegara, Jawa Tengah) berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 62
3.15 Pohon filogenetika sekuen sekuen *Globodera pallida* asal Batur BBJTe (Batur, Banjarnegara, Jawa Tengah) berdasarkan runutan nukleotida gen ITS yang dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 63
3.16 Morfologi nematoda peluka akar, *Pratylenchus penetrans* 65
3.17 Morfologi nematoda peluka akar jagung, *Pratylenchus zeae* 65
3.18 Visualisasi hasil amplifikasi DNA menggunakan primer D2A/D3B 68
3.19 Matriks hasil analisis homologi sekuen *Pratylenchus penetrans* asal Cikandang (CkGJB, Garut, Jawa Barat) dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 70
3.20 Matriks hasil analisis homologi sekuen sekuen *Pratylenchus zeae* asal Cikandang CkGJB (Cikajang, Garut, Jawa Barat) dengan negara lain menggunakan *Sequence Demarcation Tools* (SDT) 72
3.21 Pohon filogenetik sekuen sekuen *Pratylenchus penetrans* asal Cikandang (CkGJB, Garut, Jawa Barat) berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 73
3.22 Pohon filogenetik sekuen sekuen *Pratylenhus penetrans* asal Cikandang CkGJB (Cikajang Garut Jawa Barat) berdasarkan runutan nukleotida gen 28S rRNA yang dianalisis dengan pendekatan *neighbor joining* menggunakan perangkat lunak MEGA versi 11.0.13 74
3.23 Morfologi *Aphelenchus* sp. (a) bagian kepala, (b) bagian ekor, (c) nematoda dewasa 76
3.24 Visualisasi hasil amplifikasi DNA menggunakan primer D2A/D3B untuk *Aphelenchus* sp. menghasilkan fragmen DNA berukuran 710 pb menggunakan UV transiluminator 77
3.25 Matriks hasil analisis homologi Sekuen *Aphelenchus* sp. asal CPjBJB (Cisondari, Pasirjambu, Bandung, Jawa Barat) dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 79
3.26 Matriks hasil analisis homologi Sekuen Aphelenchus sp asal Cisondari PjBJB (Pasirjambu, Bandung, Jawa Barat) dengan negara lain menggunakan *sequence demarcation tools* (SDT) 80

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 University
IPB University
Perpustakaan IPB University

3.27 Peta distribusi PTBN di sentra produksi kentang Pulau Jawa 82
4.1 Kondisi umbi kentang pada perlakuan termoterapi 50 °C (a) sebelum perlakuan termoterapi, (b) 30 hari seteleh perlakuan termoterapi 92
4.2 Kondisi nematoda betina PTBN setelah perlakuan termoterapi pada suhu 50 °C selama 40 menit. 96
5.1 Morfologi PTBN *Meloidogyne* spp pada 2 jam setelah perlakuan kemoterapi, (a) cairan tubuh nematoda ke luar, (b, c) lisis pada beberapa bagian tubuh nematoda, (d) lisis pada nematoda betina dewasa. 106

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR LAMPIRAN

1	Karakter morfometri *Meloidogyne incognita*	134
2	Karakter morfometri *Meloidogyne javanica*	135
3	Karakter morfometri *Pratylenchus penentrans* dan *Pratylenchus zeae*	136
4	Karakter morfometri *Globodera rostochiensis* dan *Globodera*	137
5	Karakter morfometri *Aphelenchus* sp.	138
6	Data kehilangan hasil kentang akibat infeksi PTBN	139
7	Pengaruh lama simpan umbi kentang terhadap keberadaan PTBN pada varietas dan tempat penyimpanan yang berbeda	140
8	*Aphelenchus* sp. bersama takson outgroup dan sekuens homolog berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA (region D2A/D3B)	141
9	*Meloidogyne javanica* bersama takson *outgroup* dan sekuen homolog dianalisis berdasarkan marker SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*)	142
10	*Meloidogyne incognita* bersama takson outgroup dan sekuen homolog berdasarkan gen CO1 (mtDNA)	143
11	*Meloidogyne incognita* bersama takson outgroup dan sekuen homolog berdasarkan marker SCAR (*Sequence Characterized Amplified Region*)	144
12	*Pratylenchus penetrans* bersama takson outgroup dan sekuens homolog berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA (region D2A/D3B)	145
13	*Pratylenchus zeae* bersama takson outgroup dan sekuens homolog berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA (region D2A/D3B)	146
14	*Globodera rostochiensis* bersama takson outgroup dan sekuens homolog berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA (region D2A/D3B)	147
15	*Globodera* spp. bersama takson outgroup dan sekuens homolog berdasarkan perunutan nukleotida gen 28S rRNA (region D2A/D3B)	148
16	*Meloidogyne javanica* bersama takson outgroup dan sekuen homolog berdasarkan gen CO1 (mtDNA)	149
17	*Globodera pallida* bersama takson outgroup dan sekuen homolog berdasarkan region ITS rDNA	150
18	Primer *G. pallida* (ITS)	151
19	Primer *G. pallida* (CO1)	152
20	Gambaran teknik pelaksanaan perlakuan termoterapi	152
21	*Treatment window* termoterapi terhadap umbi kentang (30 hsp)	153
22	Jenis bahan kimia untuk kemoterapi	154
23	*Perlakuan kemoterapi*	155
24	Umbi kentang 2 minggu setelah perlakuan kemoterapi	156
25	Jumlah nematoda yang masih hidup setelah perlakuan kemoterapi pada umbi kentang	157
26	Riwaya hidup	158

@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