Kompleks Jamur Patogen Penyebab Penyakit Layu dan Busuk pada Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.): Etiologi, Bioekologi, Identifikasi Molekuler, dan Strategi Pengendalian Terpadu

Damai Tabita Soputan*, Parluhutan Siahaan, Agustina Monalisa Tangapo, Rowland Ervan R. Mangais
Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author: soputantabita@gmail.com

ABSTRAK. Penyakit layu dan busuk pangkal batang/akar merupakan ancaman biokompleks utama yang menyebabkan penurunan produksi tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) hingga 50–95% di berbagai sentra budidaya Indonesia dan Asia. Naskah *literature review* ini bertumpu pada sintesis komprehensif terhadap 16 publikasi ilmiah terkini mengenai keanekaragaman jamur patogen, bioekologi, mekanisme infeksi, metode diagnosis molekuler multi-gen, serta strategi pengendalian terpadu. Hasil kajian menunjukkan bahwa etiologi kelayuan nilam melibatkan kompleks patogen tular tanah seperti *Fusarium solani* (memicu kelayuan xilem melalui produksi asam fusarat), *Fusarium cugenangense* (patogen baru penyebab busuk akar), *Sclerotium rolfsii* (syn. *Agroathelia rolfsii*, penyebab busuk pangkal batang bersklerotia), *Macrophomina phaseolina*, dan *Macrophomina vaccinii*. Selain patogen tular tanah, patogen foliar/hawar seperti *Stagonosporopsis pogostemonis*, *Corynespora cassiicola*, *Alternaria pogostemonis*, dan *Aspergillus tubingensis* memicu nekrosis daun dan gejala layu sekunder. Karakterisasi molekuler multi-gen berbasis sekuens ITS, tef1, rpb2, LSU, gapdh, dan β-tubulin terbukti krusial dalam konfirmasi taksonomi hingga tingkat spesies pasca-pengujian Postulat Koch. Strategi pengendalian terpadu yang efektif memadukan kultur teknis, amandemen organik limbah nilam, pestisida nabati mimba/eugenol, serta agens pengendali hayati konsorsium *Trichoderma* spp. (*T. harzianum, T. asperellum*) dan *Bacillus* spp. yang mampu menekan perkembangan patogen hingga 70% melalui mekanisme antibiosis dan hiperparasitisme.

Kata Kunci: *Pogostemon cablin; Fusarium solani; Sclerotium rolfsii; Macrophomina; Trichoderma asperellum*

PENDAHULUAN

Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) merupakan komoditas perkebunan bernilai ekonomi tinggi yang menghasilkan minyak atsiri (*patchouli oil*) sebagai bahan baku utama industri parfum, kosmetik, dan farmasi dunia. Indonesia memasok sekitar 70% hingga 90% kebutuhan minyak nilam global, dengan kawasan sentra produksi utama tersebar di Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jawa Barat, Sulawesi Tenggara, hingga Sulawesi Tengah (Sriwati *et al*., 2025; Swamy & Sinniah, 2016). Meskipun memiliki potensi ekspor yang sangat menjanjikan, produktivitas nilam nasional terus mengalami fluktuasi dan penurunan drastis akibat gangguan organisme pengganggu tumbuhan (OPT), khususnya penyakit layu dan busuk pangkal batang/akar (Zulfadli *et al*., 2023).

Di lapangan, mortalitas tanaman akibat penyakit layu dapat mencapai 50% hingga 95%, yang sering kali memaksa petani melakukan pembongkaran lahan secara dini. Kondisi ini mempercepat degradasi lahan budidaya dan mengancam keberlanjutan industri minyak atsiri nasional. Kendala utama dalam penanggulangan penyakit ini adalah kompleksitas etiologi patogen. Kelayuan pada nilam tidak hanya disebabkan oleh satu jenis mikroorganisme, melainkan akibat interaksi kompleks antara jamur tular tanah (*soil-borne fungi*), patogen foliar penyebab hawar/bercak daun, serta sinergisme sekunder dengan nematoda parasit tumbuhan dan bakteri tanah (Zulfadli *et al*., 2023; Sukamto dan Wahyuno, 2013).

Kompleksitas penyakit layu pada nilam disebabkan oleh sifat patogen tular tanah (*soil-borne pathogens*) yang memiliki struktur bertahan berdaya simpan panjang serta kemampuannya berinteraksi dengan nematoda parasit akar dan bakteri layu (Sriwati *et al*., 2025; Zulfadli *et al*.,

2023). Studi literatur mutakhir menunjukkan bahwa spektrum jamur patogen pada nilam tidak terbatas pada *Fusarium solani* dan *Sclerotium rolfsii*, tetapi juga melibatkan spesies baru seperti *Fusarium cugenangense*, *Macrophomina phaseolina*, *Macrophomina vaccinii*, serta patogen foliar/hawar batang seperti *Stagonosporopsis pogostemonis*, *Corynespora cassiicola*, dan *Alternaria pogostemonis* (Liao *et al*., 2025; Luo *et al*., 2022; Dong *et al*., 2021). Artikel ini bertujuan memberikan kajian komprehensif mengenai etiologi, diagnostik molekuler multi-gen, bioekologi, dan strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) untuk penanggulangan penyakit layu nilam secara berkelanjutan.

METODE

Penulisan *literature review* ini menggunakan pendekatan penelusuran pustaka sistematis (*systematic literature review*) terhadap naskah ilmiah relevan yang terpublikasi di jurnal bereputasi nasional (Sinta 1-3) dan internasional bereputasi (Scopus/*Web of Science*). Kriteria inklusi bahan kajian difokuskan pada artikel penelitian yang membahas patogenisitas jamur pada *Pogostemon cablin*, isolasi dan konfirmasi Postulat Koch, taksonomi molekuler multi-lokus, serta pengujian daya hambat agens pengendali hayati secara *in vitro* maupun *in vivo*.

Data sekunder dari 16 artikel ilmiah dianalisis secara komparatif melalui ekstraksi variabel: (1) jenis patogen dan gejala khas yang ditimbulkan, (2) marka molekuler primer yang digunakan untuk amplifikasi PCR dan analisis filogenetik, (3) mekanisme infeksi bioekologi patogen, serta (4) persentase daya hambat relatif agens hayati biokontrol (*Trichoderma* spp. dan *Bacillus* spp.). Sintesis data disajikan dalam bentuk narasi deskriptif ilmiah, diagram alir alur kerja, skema kompleks penyakit, serta tabel perbandingan terstruktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Etiologi dan Keanekaragaman Spesies Jamur Patogen

Berdasarkan hasil analisis pustaka, jamur patogen yang menyerang tanaman nilam dikelompokkan menjadi dua kelompok utama, yaitu jamur tular tanah penyebab busuk akar/batang dan jamur foliar penyebab bercak/hawar daun yang memicu gejala kelayuan sekunder.

Jamur Tular Tanah (*Fusarium* spp.): *Fusarium solani* Sacc. Paling dominan memicu kelayuan vascular. *F. solani* menginvasi jaringan xilem akar, menghasilkan miselium yang menyumbat pembuluh angkut serta mensekresikan mikotoksin berupa asam fusarat (*fusaric acid*). Hal ini mengakibatkan klorosis daun, browning pada berkas pengangkut, dan kematian tanaman secara mendadak (Sriwati *et al*., 2025; Zulfadli *et al*., 2023). Selain *F. solani*, laporan terbaru oleh Deng *et al*. (2024) mengidentifikasi *Fusarium cugenangense* sebagai patogen baru penyebab busuk akar progresif pada bibit dan tanaman dewasa di pertanaman nilam.

Busuk Pangkal Batang Sklerotial: *Sclerotium rolfsii* Sacc. (syn. *Agroathelia rolfsii*) Penyebab utama penyakit busuk pangkal batang (*stem rot / southern blight*). Jamur ini membentuk miselium putih menyerupai bulu kapas pada pangkal batang dan tanah di sekitarnya, yang kemudian menghasilkan struktur bertahan berupa sklerotia bulat berwarna cokelat keemasan berdiameter 0,8–1,8 mm (Lu dan Zheng, 2025; Sukamto dan Wahyuno, 2013). Selain itu pada penelitian terbaru ditemukan jamur *Macrophomina phaseolina* dan *Macrophomina vaccinii* yang terbukti secara global sebagai patogen tular tanah baru yang menyebabkan busuk akar dan batang bawah pada nilam di Asia (Sun *et al*., 2026; Song dan Zhang, 2022).

Jamur Foliar dan Hawar Batang: Penyakit bercak dan hawar daun yang parah memicu pengguguran daun masal (defoliasi) dan kelayuan sekunder pada tajuk nilam. Jamur *Stagonosporopsis pogostemonis*, *Corynespora cassiicola*, *Alternaria pogostemonis*, serta *Aspergillus tubingensis* terbukti menginfeksi jaringan epidermis daun dan batang muda melalui pembentukan lesi nekrotik terbenam (Liu *et al*., 2024; Luo *et al*., 2022; Luo *et al*., 2021).

Sintesis kompleks patogen tular tanah dan foliar yang menginfeksi tanaman nilam terangkum secara rinci pada **Tabel 1**. Data tersebut menegaskan bahwa fenomena kelayuan di

lapangan bukan disebabkan oleh patogen tunggal (*F. solani*), melainkan melibatkan kompleksitas 9 spesies jamur dari kelompok tular tanah (*F. cugenangense*, *S. rolfsii, M. phaseolina, M. vaccinii*) hingga patogen foliar (*S. pogostemonis, C. cassiicola, A. pogostemonis, A. tubingensis*) yang memicu nekrosis dan kelayuan sekunder.

Tabel 1. Sintesis Kompleks Jamur Patogen Penyebab Penyakit Layu dan Busuk pada Tanaman Nilam

Spesies Patogen	Gejala Utama	Organ Terinfeksi	Sumber / Referensi
Fusarium solani	Layu vaskular, klorosis daun, browning xilem	Akar & Batang bawah	Zulfadli *et al.* (2023); Sriwati *et al*. (2025)
Fusarium cugenangense	Busuk akar progresif, daun menguning & gugur	Akar & Persemaian	Deng *et al*. (2024)
Sclerotium rolfsii	Busuk pangkal batang, miselium putih & sklerotia	Pangkal batang & Akar	Sukamto dan Wahyuno (2013); Lu dan Zheng (2025)
Macrophomina phaseolina	Busuk akar hitam, Mikrosklerotia pada jaringan	Akar & Batang	Sun *et al*. (2026)
Macrophomina vaccinii	Busuk pangkal batang bawah, kelayuan tajuk	Pangkal batang	Song dan Zhang (2022)
Stagonosporopsis pogostemonis	Hawar batang, bercak nekrotik & busuk melingkar	Batang muda & Daun	Dong *et al*., (2021)
Corynespora cassiicola	Bercak daun nekrotik melingkar, defoliasi	Daun & Pucuk	Liao *et al*. (2025)
Alternaria pogostemonis	Bercak daun kosentris, kelayuan tajuk	Helaian daun	Luo *et al*. (2022)
Aspergillus tubingensis	Bercak daun cokelat kehitaman	Helaian daun	Liu *et al*. (2024)

Bioekologi, Mekanisme Infeksi, dan Interaksi Kompleks

Patogen tular tanah seperti *S. rolfsii* dan *F. solani* memiliki struktur bertahan hidup yang sangat presisten di dalam tanah. Sklerotia *S. rolfsii* mampu bertahan dorman hingga 10 tahun pada sisa-sisa tanaman sakit atau tanah rhizosfer, dan akan berkecambah membentuk hifa pasca-stimulasi eksudat akar tanaman inang saat kelembapan udara mencapai >85% dan suhu berkisar 20–28°C (Sukamto dan Wahyuno, 2013). Sebaliknya, klamidospora *F. solani* bertahan lebih dari 15 tahun di dalam tanah.



Gambar 1. Skema Interaksi Kompleks Patogen Tular Tanah dan Faktor Lingkungan pada Penyakit Layu Nilam

Skema interaksi bioekologi dan mekanisme infeksi terpadu disajikan pada **Gambar 1**. Proses infeksi layu vaskular sering kali diperparah oleh sinergisme dengan nematoda parasit tumbuhan seperti *M. incognita, P. brachyurus*, dan *R. similis*. Penetrasi stylet nematoda pada sel korteks akar menimbulkan luka mekanis yang mensekresikan eksudat plasma sel. Kondisi luka terbuka ini dimanfaatkan oleh hifa *F. solani* untuk melakukan penetrasi sekunder secara cepat menuju pembuluh xilem di bawah pengaruh kelembapan udara tinggi (>85%), sehingga melipatgandakan keparahan penyakit layu di lapangan (Zulfadli *et al*., 2023; Djiwanti dan Momota, 1991).

Metode Identifikasi Molekuler Multi-Gen dan Uji Postulat Koch

Identifikasi jamur patogen nilam secara konvensional yang hanya mengandalkan morfologi mikroskopis (bentuk konidia, struktur hifa, atau sklerotia) sering kali tidak memadai untuk membedakan spesies yang berkerabat dekat (*cryptic species*). Oleh karena itu, pendekatan integratif yang menggabungkan konfirmasi postulat Koch dan sekuensing molekuler multi-gen (*multi-locus phylogenetic analysis*) menjadi standar wajib dalam fitopatologi modern. Tahapan baku penetapan etiologi penyakit disajikan pada **Gambar 2**, yang menggambarkan alur kerja diagnostik terintegrasi mulai dari isolasi jaringan bergejala, konfirmasi patogenisitas melalui uji postulat Koch, hingga analisis molekuler.



Gambar 2. Alur Kerja Identifikasi Patogen Jamur dan Konfirmasi Postulat Koch pada Tanaman Nilam

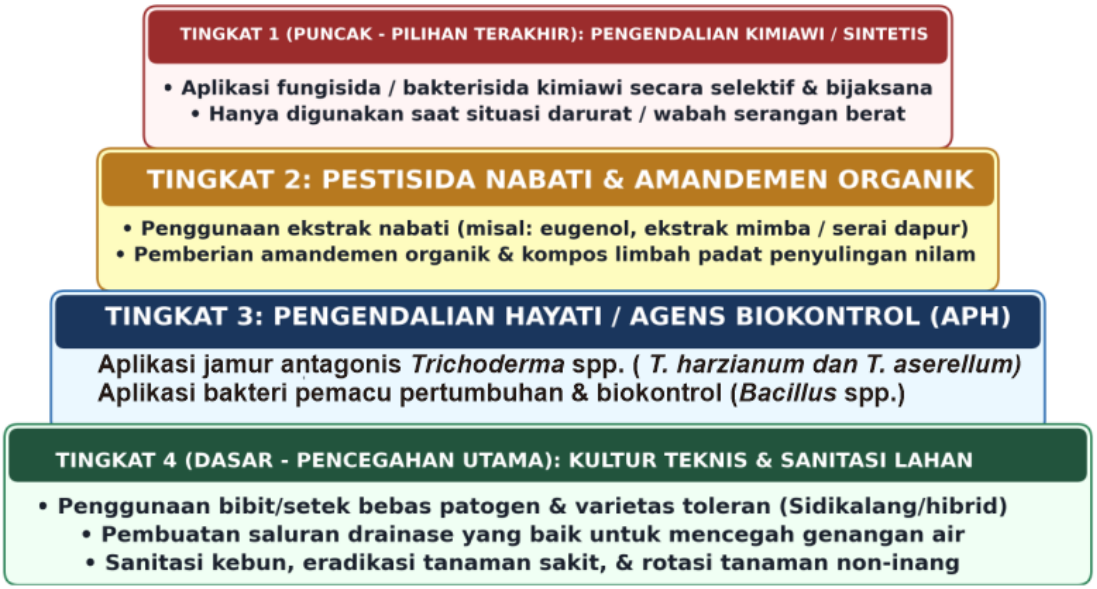
Untuk mengatasi keterbatasan karakterisasi morfologi konvensional dalam membedakan spesies tersembunyi (*cryptic species*), pasangan primer dan marka genetik multi-lokus yang digunakan disajikan pada **Tabel 2**. Penggunaan kombinasi sekuens ITS, tef1-α, rpb2, LSU, gapdh, dan β-tubulin terbukti krusial dalam mengonfirmasi taksonomi patogen hingga tingkat spesies dengan akurasi tinggi.

Tabel 2. Marka Genetik dan Pasangan Primer PCR untuk Identifikasi Molekuler Multi-Gen

Spesies Target	Marka Genetik	Pasangan Primer PCR	Panjang Produk (bp)	Sumber / Referensi
Stagonosporopsis pogostemonis	ITS, LSU, rpb2, β-tubulin	ITS4/ITS5, fRPB2-5F/7cR, Bt2a/Bt2b	550–850 bp	Dong *et al*., (2021)
Alternaria pogostemonis	ITS, gapdh, rpb2, tef1-α, Alt-a1	ITS4/ITS5, gpd1/gpd2, TEF1-728F/986R	500–900 bp	Luo *et al*. (2022);
Fusarium cugenangense	ITS, tef1-α, rpb2	ITS1/ITS4, EF1/EF2, RPB2-5f/7cr	600–700 bp	Deng *et al*. (2024);
Macrophomina phaseolina	ITS, tef1-α	ITS1/ITS4, EF1-728F/986R	550–700 bp	Sun *et al*. (2026);
Corynespora cassiicola	ITS, ga4, act	ITS1/ITS4, GA4F/GA4R	500–600 bp	Liao *et al*. (2025)

Strategi Pengendalian Terpadu (Integrated Disease Management)

Pengendalian penyakit layu nilam tidak dapat bergantung pada fungisida sintetis tunggal karena resistensi patogen, biaya tinggi, dan dampak pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan Pengendalian Hama & Penyakit Terpadu (PHT) yang memadukan kultur teknis, agens hayati biokontrol, amandemen organik, serta pestisida nabati terbukti paling efektif dan ramah lingkungan.

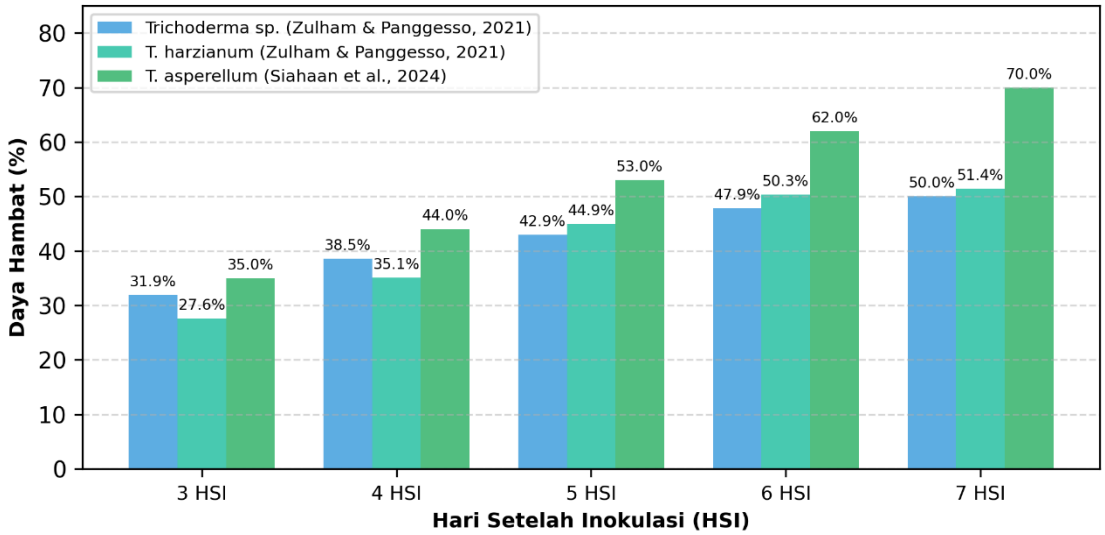


Gambar 3. Hirarki Strategi Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu (PHT) Layu Nilam

Pendekatan pengendalian terpadu secara holistik digambarkan dalam hirarki PHT pada **Gambar 3**. Struktur ini menempatkan tindakan preventif berbasis penggunaan bibit sehat dan varietas toleran di tingkat dasar, disokong oleh kultur teknis, aplikasi agens pengendali hayati, amandemen organik, dan pestisida nabati, serta dipuncaki oleh aplikasi bahan kimia.

Agens Pengendali Hayati (APH): Penggunaan jamur antagonis genus *Trichoderma* (seperti *T. harzianum* dan *T. asperellum*) serta bakteri rhizosfer (*Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus subtilis*) menunjukkan efisiensi penekanan patogen yang tinggi. *T. asperellum* memproduksi senyawa metabolit sekunder volatil (aldehida, ester, keton) dan asam lemak (*n-hexadecanoic acid*) yang mampu menekan pertumbuhan patogen hingga 70% melalui mekanisme antibiosis, kompetisi ruang/nutrisi, dan hiperparasitisme (Siahaan *et al*., 2024). Selain itu, aplikasi konsorsium *Trichoderma* sp. dan *B. thuringiensis* mampu menurunkan intensitas layu hingga 17,5% di persemaian (Sriwati *et al*., 2025).

Pestisida Nabati & Amandemen Organik: Kombinasi aplikasi ekstrak daun mimba (*neem extract*) yang mengandung azadirachtin dengan kompos limbah padat penyulingan nilam mampu meningkatkan ketahanan sistemik tanaman melalui peningkatan aktivitas enzim peroksidase serta memperbaiki struktur pori tanah (Sriwati *et al*., 2025; Sobari dan Zahra, 2019). Penggunaan setek bebas patogen dan klon toleran (seperti varietas Sidikalang atau hibrid somatik 2IV/4) menjadi fondasi utama pencegahan di lapangan (Zulfadli *et al*., 2023).



Gambar 4. Perbandingan Persentase Daya Hambat *In Vitro* Spesies *Trichoderma* Terhadap Patogen Jamur

Perbandingan daya hambat in vitro spesies *Trichoderma* ditunjukkan pada **Gambar 4**, sementara sintesis efektivitas berbagai agen biokontrol dan amandemen organik terangkum pada **Tabel 3**. Hasil pengujian membuktikan keunggulan *T. asperellum* dengan daya hambat tertinggi mencapai 70% melalui mekanisme antibiosis metabolit sekunder, serta kemampuan konsorsium *Trichoderma* sp. dan *B. thuringiensis* dalam menekan insidensi layu hingga 17,5% di persemaian. Selain itu, pemanfaatan amandemen kompos limbah penyulingan nilam dan ekstrak mimba terbukti meningkatkan respon ketahanan sistemik tanaman

Tabel 3. Efektivitas Agens Pengendali Hayati (APH) dan Bahan Organik dalam Pengendalian Patogen

Agens Hayati / Kombinasi	Target Patogen / Penyakit	Mekanisme Utama	Efektivitas (%)	Sumber / Referensi
Trichoderma asperellum	*Helminthosporium* sp. / Jamur Patogen	Antibiosis (Metabolit sekunder) & Kompetisi	Daya hambat 70% (7 HSI)	Siahaan *et al*. (2024); Dual Culture
Trichoderma harzianum	*Sclerotium rolfsii* (Busuk batang)	Mikroparasitisme & Enzim Kitinase/Glukanase	Daya hambat 51,4% (7 HSI)	Zulham dan Panggesso (2021)
Trichoderma sp. + *Bacillus thuringiensis*	Layu Bakteri & Layu Jamur	Sinergisme induksi resistensi (Peroksidase)	Menurunkan layu hingga 17,5%	Sriwati *et al*. (2025)
Ekstrak Mimba + Kompos Limbah Nilam	Kompleks Layu Rhizosfer	Biorasional & Perbaikan porositas tanah	Meningkatkan bobot basah terna	Sriwati *et al*. (2025); Sobari dan Zahra (2019)
Pseudomonas jessenii R62 / *P. synxantha*	*Meloidogyne incognita* (Nematoda)	Nematicidal effect pada juvenil J2	Menekan penetrasi sekunder	Sharma dan Sharma. (2017)

KESIMPULAN

Penyakit layu dan busuk pada tanaman nilam (*P. cablin* Benth.) disebabkan oleh kompleks patogen heterogen yang didominasi oleh jamur tular tanah (*F. solani, F. cugenangense, S. rolfsii, M. phaseolina, M. vaccinii*) serta disokong oleh patogen foliar/hawar (*S. pogostemonis, C. cassiicola, A. pogostemonis*). Sinergisme antara patogen jamur tular tanah dengan nematoda parasit *M. incognita* melipatgandakan tingkat kerusakan di lapangan. Konfirmasi diagnosa patogen secara akurat memerlukan integrasi uji postulat Koch dengan identifikasi molekuler multi-gen berbasis sekuens ITS, tef1, rpb2, LSU, gapdh, dan β-tubulin. Strategi pengendalian paling prospektif dan berkelanjutan adalah penerapan PHT berbasis konsorsium agens hayati *T. asperellum*, *T. harzianum*, dan *B. thuringiensis* yang dipadukan dengan amandemen organik kompos limbah nilam, pestisida nabati mimba, serta penggunaan bibit sehat varietas toleran.

DAFTAR PUSTAKA

Deng, Q., Han, S. L., Shen, Y., & Wang, M. M. (2024). Root rot on *Pogostemon cablin* caused by *Fusarium cugenangense* in China. *Plant Disease*, 108(9), 2565-2568.

Djiwanti, S. R., & Momota, Y. (1991). Parasitic nematodes associated with patchouli disease in West Java. *Industrial Crops Research Journal*, 3(2), 31-34.

Dong, Z. Y., Huang, Y. H., Manawasinghe, I. S., Wanasinghe, D. N., Liu, J. W., Shu, Y. X., Zhao, M.-P., Xiang, M.-M., & Luo, M. (2021). *Stagonosporopsis pogostemonis*: A novel ascomycete fungus causing leaf spot and stem blight on *Pogostemon cablin* (Lamiaceae) in South China. *Pathogens*, 10(9), 1093. https://doi.org/10.3390/pathogens10091093

Liao, R., Chen, Y., Li, L., Zhan, R., & Chen, Y. (2025). First report of leaf spot caused by *Corynespora cassiicola* on *Pogostemon cablin* in Guangdong, China. *Plant Disease*, 109(1), 233. https://doi.org/10.1094/PDIS-09-24-1817-PDN

Liu, Q., Fang, Y., Liaquat, F., & Lim, Y. S. (2024). First report of *Aspergillus tubingensis* causing leaf spot on patchouli in China. *Plant Disease*, 108(12), 4158-4161.

Lu, X., Zheng, X., Huang, B., & Zhang, W. (2025). First report of southern blight on patchouli caused by *Agroathelia rolfsii* in Guangdong, China. *Plant Disease*, 109(5), 1584-1587.

Luo, M., Zhao, M., & Dong, Z. (2025). First report of *Corynespora cassiicola* causing leaf spot on patchouli in Guangdong, China. *Plant Disease*, 109(1), 233-236.

Luo, M., Zhao, M., Huang, Y., Liu, J., Huang, Q., Shu, Y., & Dong, Z. (2022) First record of *Alternaria pogostemonis*: A novel species causing leaf spots in *Pogostemon cablin*. *Pathogens*, 11, 1105. https://doi.org/10.3390/pathogens11101105

Sharma, I. P., & Sharma, A. (2017). Effective control of root-knot nematode disease with *Pseudomonad rhizobacteria* filtrate. *Rhizosphere*, 3, 27–31. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.02.001

Siahaan, P., Tangapo, A. M., & Umboh, S. D. (2024). Characterization of *Trichoderma* sp. local isolate and antagonism assay against pathogen *Helminthosporium* sp. *Biodiversitas*, 25(9), 3380-3389.

Sobari, E., & Zahra, S. T. (2019). Pembuatan kompos dari limbah padat penyulingan nilam dengan metode fermentasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu dan Teknologi Rekayasa*, 2(2), 92–99.

Song, X., & Zhang, W. (2022). First report of *Macrophomina vaccinii* causing basal stem and root rot on patchouli in China. *Plant Disease*, 106(3), 1067.

Sriwati, R., Khairan, Hifnalisa, Fikrinda, Oktarina, H., Zulfadli, & Wasistha, N. I. (2025). Integrated approaches for managing bacterial wilt disease (*Enterobacter* sp.) in Aceh patchouli plants. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 47(3), 509–520.

Sukamto, & Wahyuno, D. (2013). Identifikasi dan karakterisasi *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab

penyakit busuk batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 24(1), 35–41.

Sun, Z., Chen, H., Guo, J., Song, J., & Yan, H. (2026). First report of *Macrophomina phaseolina* causing root rot on *Pogostemon cablin* in China. *Plant Disease*, 110(8), 2495-2498.

Swamy, M. K., & Sinniah, U. R. (2016). Patchouli (*Pogostem*on *cablin* Benth.): Botany, agrotechnology and biotechnological aspects. *Industrial Crops and Products*, 87, 161–176.

Zulfadli, Z., Wasistha, N. I., Oktarina, H., Khairan, K., & Sriwati, R. (2023). Pathogens causing wilt diseases in patchouli plant (*Pogostemon cablin* Benth.): A review on symptoms, bioecology, and management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1183(1), 012027.

Zulham, P., & Panggesso, J. (2021). Uji antagonis jamur Trichoderma terhadap pertumbuhan patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc penyebab busuk batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *e-Jurnal Agrotekbis*, 9(2), 447–452.