VIRULENSI JAMUR *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus*, DAN *Penicillium* SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP RAYAP TANAH (*Macrotermes gilvus* Hagen)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi

Oleh:
Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane
NIM. 2102065

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2025

VIRULENSI JAMUR *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus*, DAN *Penicillium* SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP RAYAP TANAH (*Macrotermes gilvus* Hagen)

Oleh:
Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagaian syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

DENDU NOUTERA PRAMAYUDITYA HARNIEYANE

VIRULENSI JAMUR *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus,* DAN *Penicillium* SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP RAYAP TANAH (*Macrotermes gilvus* Hagen)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

Dr. Peristiwati, M.Kes.

NIP. 196403201991032001

Pembimbing II

Dr. Any Aryani, M.Si.

NIP. 19710530200112201

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi

Dr. Wahyu Surakusumah, S.Si., M.T.

NIP. 197212301999031001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane

NIM : 2102065

Program Studi : Biologi

Judul Karya : Virulensi Jamur *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus* dan *Penicillium* Sp. sebagai Entomopatogen terhadap Rayap Tanah (*Macrotermes Gilvus* Hagen)

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Juli 2025.

(Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Virulensi Jamur *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus*, dan *Penicillium* sebagai Entomopatogen terhadap Rayap Tanah (*Macrotermes gilvus* Hagen)" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Biologi pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biologi terapan dan pengendalian hama terpadu. Pemilihan topik mengenai jamur entomopatogen dilatarbelakangi oleh semakin meningkatnya kebutuhan akan metode pengendalian hama yang ramah lingkungan. Penggunaan pestisida kimia yang berlebihan telah terbukti menimbulkan dampak negatif, baik bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Oleh sebab itu, penelitian mengenai pemanfaatan jamur *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus*, dan *Penicillium* sebagai agen biokontrol diharapkan dapat menjadi alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan pembelajaran di masa mendatang. Penulis juga berharap agar skripsi ini tidak hanya bermanfaat sebagai syarat kelulusan akademik, tetapi juga dapat menjadi referensi ilmiah dan berkontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan

Bandung, Juli 2025.

Penulis

Dendu Noutera Pramayuditya Harnieyane

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari dengan penuh kerendahan hati bahwa penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan berbagai pihak. Proses penelitian dan penulisan karya ilmiah ini tentu tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya kontribusi langsung maupun tidak langsung dari banyak pihak yang telah memberikan waktu, tenaga, pikiran, serta semangat kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua. Ayah Alm. Suharto dan Ibu Erniyati. Terima kasih atas segala pengorbanan, doa restu, dan dukungan baik secara moril maupun materil, serta tulus kasih sayang tak terhingga sampai akhirnya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dan meraih gelar Sarjana. Semoga kebaikan dan kebahagiaan senantiasa menyertai keduanya.
2. Dr. Peristiwati, M.Kes., selaku dosen pembimbing utama yang dengan penuh kesabaran dan perhatian membimbing penulis selama penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah percaya, mengarahkan, dan memotivasi penulis selama penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Any Aryani, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan penulis dengan baik.
4. Alm. Prof. Yayan Sanjaya, M.Si., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah berpulang lebih dulu selagi penulis dalam proses penelitian, terima kasih banyak atas bimbingan dan ilmunya selama ini.
5. Dr. Wahyu Surakusumah, S.Si., M.T., selaku Ketua Program Studi Biologi FPMIPA UPI yang telah mendukung kelancaran penyusunan skripsi.
6. Dr. Any Fitriani, M.Si., selaku Dosen Wali dan Dr. Kusdianti, M.Si., selaku Dewan Bimbingan Skripsi yang telah memfasilitasi dan memberikan arahan selama kegiatan perkuliahan dan proses penyelesaian skripsi.
7. Seluruh Dosen Program Studi Biologi dan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu-ilmu dan pengalamannya selama perkuliahan.
8. Adik penulis, Dendy Noverindra Dhuana Harniyansyah, yang selalu memberikan dukungan, memotivasi, dan mendoakan penulis.

9. Seluruh keluarga besar yang telah mendoakan dan memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh Laboran dan Staff Tata Usaha Program Studi Biologi FPMIPA UPI, yang telah memberikan ilmu dan membantu penulis selama perkuliahan.
11. Sahabat terbaik penulis, Octaviana Eka Safitri, yang selalu menghibur, membantu, dan memberikan dorongan semangat dalam penyusunan skripsi.
12. Teman-teman terdekat penulis di bangku perkuliahan, Nuha Fathinah Shalihah, Sekar Putri Firlianti, Abidah Bunga Ramadhani, Shella Nurhaliza Rindengan, Hilda Nur Azizah Rahardi, Abdul Faqih Fajar Sidik, Ok M. Abthal Al Wafi, Fajri Khoirul Rizki, dan Fathan Ahmad Fadil, yang telah menemani penulis, memberikan dukungan, memotivasi, serta selalu menghibur penulis selama kegiatan perkuliahan dan proses penyelesaian skripsi.
13. Rekan-rekan mahasiswa Biologi C 2021, atas dukungan dukungan dan kerjasama-nya selama menempuh perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.

ABSTRAK

VIRULENSI JAMUR *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus*, DAN *Penicillium* SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP RAYAP TANAH (*Macrotermes gilvus* Hagen)

Indonesia sebagai negara tropis memiliki kondisi yang mendukung kehidupan rayap, termasuk rayap tanah *Macrotermes gilvus* yang dikenal sebagai perusak kayu dengan dampak kerugian ekonomi yang besar. Penggunaan pestisida kimia sebagai metode pengendalian menimbulkan risiko resistensi dan dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis virulensi jamur *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. terhadap rayap *M. gilvus*, serta konsentrasi optimal inokulum, mekanisme penyebaran infeksi koloni, dan gejala mikosis rayap. Uji termisida dan uji transmisi horizontal digunakan dalam penelitian ini. Hasil menunjukkan bahwa seluruh isolat jamur mampu menyebabkan mortalitas rayap dan penyusutan berat kayu, dengan *Beauveria* sp. pada konsentrasi 10^8 konidia/ml perlakuan paling optimal. Peningkatan konsentrasi jamur berbanding lurus dengan mortalitas dan berbanding terbalik dengan penyusutan kayu. Infeksi dapat menyebar melalui transmisi horizontal, dipengaruhi oleh rasio rayap terinfeksi. Gejala mikosis ditandai oleh pertumbuhan hifa putih pada tubuh rayap. Analisis preferensi kayu menunjukkan kayu suren paling disukai rayap *M. gilvus*, ditunjukkan oleh tingkat penyusutan tertinggi. Kesimpulannya, jamur entomopatogen, khususnya *Beauveria* sp., berpotensi sebagai agen biokontrol pengendalian rayap *M. gilvus* secara ramah lingkungan.

Kata kunci: *Macrotermes gilvus*, jamur entomopatogen, mortalitas rayap, transmisi horizontal.

ABSTRACT

VIRULENCE OF *Metarhizium, Beauveria, Aspergillus,* AND *Penicillium* FUNGI AS ENTOMOPATHOGENS AGAINST SUBTERRANEAN TERMITES (*Macrotermes gilvus* Hagen)

Indonesia as a tropical country, provides favorable conditions for termite development, including the subterranean termite Macrotermes gilvus, which is known as a wood-destroying species with significant economic impact. The use of chemical pesticides as a control method poses risks of resistance and adverse environmental effects. This study aims to analyze the virulence of Metarhizium sp.*, Beauveria* sp.*, Aspergillus sp., and Penicillium sp. against M. gilvus, as well as to determine the optimal inoculum concentration, infection transmission mechanisms within the colony, and symptoms of mycosis in termites. Termiticidal and horizontal transmission assays were conducted. Results showed that all fungal isolates induced termite mortality and wood weight loss, with Beauveria sp. at a concentration of 10^8 conidia/ml being the most effective. Increased fungal concentration correlated positively with termite mortality and negatively with wood consumption. Infection was transmissible through horizontal contact, influenced by the proportion of infected termites. Mycosis symptoms were characterized by white hyphal growth on the termite body. Wood preference analysis indicated that suren wood was most preferred by M. gilvus, evidenced by the highest weight loss. In conclusion, entomopathogenic fungi, especially Beauveria sp., show strong potential as environmentally friendly biocontrol agents against M. gilvus.*

Keywords: *Macrotermes gilvus, entomopathogenic fungi, termite mortality, horizontal transmission.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ii
KATA PENGANTAR iii
UCAPAN TERIMA KASIH iv
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Pertanyaan Penelitian 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 5
1.6 Manfaat Penelitian 6
1.7 Struktur Organisasi Skripsi 6
BAB II RAYAP DAN BIOKONTROL JAMUR ENTOMOPATOGEN 8
2.1 Rayap 8
2.1.1 Karakteristik Biologi Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen 9
2.1.2 Siklus Hidup Rayap 12
2.1.3 Mekanisme Pencernaan Rayap 13
2.1.4 Perilaku Rayap 14
2.1.5 Perilaku Konsumsi Kayu pada Rayap Tanah 15
2.2 Hama dan Pengendaliannya 21
2.3 Agen Biokontrol Jamur Entomopatogen 24
2.3.1 *Metarhizium* 27
2.3.2 *Beauveria* 28
2.3.3 *Verticillium/Lecanicillium* 29
2.3.4 *Isaria*/*Paecilomyces* 30

2.3.5 *Aspergillus* 31
2.3.6 *Penicillium* 32
BAB III METODE PENELITIAN 33
3.1 Jenis Penelitian 33
3.2 Desain Penelitian 33
3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian 34
3.4 Populasi dan Sampel 34
3.5 Alur Penelitian 35
3.6 Prosedur Penelitian 35
3.6.1 Tahap Pra-penelitian 35
3.6.2 Tahap Penelitian 38
3.7 Teknik Pengumpulan Data 40
3.8 Analisis Data 41
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Identifikasi Isolat Jamur 42
4.2 Preferensi Kayu 46
4.3 Mortalitas Rayap dan Penyusutan Berat Kayu pada Uji Termisida 49
4.3.1 Mortalitas Rayap 49
4.3.2 Penyusutan Berat Kayu 55
4.4 Transmisi Horizontal 58
4.4.1 Perbandingan Laju Mortalitas Rayap Transmisi Horizontal 59
4.4.2 Pengamatan Infeksi Mikosis 62
4.5 Pengamatan Faktor Abiotik 66
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI 67
5.1 Simpulan 67
5.2 Implikasi 67
5.3 Rekomendasi 68
DAFTAR PUSTAKA 69
LAMPIRAN 78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Toksik Jamur Entomopatogen..... 25
Tabel 3.1 Perlakuan dan Pengulangan 34
Tabel 4.1 Perbandingan Karakteristik Jenis Kayu 48
Tabel 4.2 Mortalitas Rayap *Macrotermes gilvus* (%) ± SD 50
Tabel 4.3 Hasil Peringkat Rata-Rata Mortalitas Uji Kruskal Wallis Termisida 52
Tabel 4.4 Persentase Selisih Berat Kayu..... 56
Tabel 4.5 Hasil Peringkat Rata-Rata Uji Kruskall Wallis Transmisi Horizontal .. 60
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Faktor Abiotik. 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Identifikasi Morfologi Rayap 9
Gambar 2.2 Koloni Hidup dari Rayap Tanah 10
Gambar 2.3 Raja dan Ratu *M. gilvus*. 10
Gambar 2.4 Rayap Prajurit *M. gilvus* 11
Gambar 2.5 Rayap Pekerja *M. gilvus* 12
Gambar 2.6 Siklus Hidup Rayap 12
Gambar 2.7 Strategi Pertahanan Rayap terhadap Patogen 15
Gambar 2.8 Kerusakan oleh Rayap pada Perkebunan dan Bangunan 16
Gambar 2.9 Pohon dan Kayu Jati 17
Gambar 2.10 Pohon dan Kayu Pinus 18
Gambar 2.11 Pohon dan Kayu Mahoni 18
Gambar 2.12 Pohon dan Kayu Karet 19
Gambar 2.13 Pohon dan Kayu Suren 200
Gambar 2.14 Pohon dan Kayu Mindi 20
Gambar 2.15 Transmisi Vertikal dan Horizontal pada Serangga 22
Gambar 2.16 Larva Mati Diselimuti Miselium Jamur 25
Gambar 2.17 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Metarhizium* sp 27
Gambar 2.18 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Beauveria* sp 28
Gambar 2.19 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Lecanicillium* sp: 30
Gambar 2.20 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Paecilomyces* sp. 31
Gambar 2.21 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Aspergillus* sp 31
Gambar 2.22 Makroskopis dan Mikroskopis (×100) *Penicillium* sp 32
Gambar 3.1 Alur Penelitian 35
Gambar 3.2 Wadah Uji Termisida 39
Gambar 4.1 Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis (perbesaran ×100) *Metarhizium* sp. 42
Gambar 4.2 Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis (perbesaran ×100) *Beauveria* sp. 43
Gambar 4.3 Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis (perbesaran ×100) *Aspergillus* sp. 44

Gambar 4.4 Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis (perbesaran ×100) *Penicillium* sp. 45
Gambar 4.5 Penyusutan Berat Kayu 46
Gambar 4.6 Penyusutan Berat Kayu Uji Termisida 57
Gambar 4.7 Laju Mortalitas Rayap Transmisi Horizontal. 59
Gambar 4.8 Pengamatan Morfologi *Macrotermes gilvus* 62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian..... 78
Lampiran 2. Perizinan Badan Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) 79
Lampiran 3. Perizinan Penggunaan Laboratorium..... 80
Lampiran 4. Data Perhitungan Suspensi Inokulum Jamur..... 81
Lampiran 5. Data dan Output SPSS Uji Preferensi Kayu..... 82
Lampiran 6. Data dan Output SPSS Uji Termisida..... 84
Lampiran 7. Data dan Output SPSS Uji Transmisi Horizontal..... 90
Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan 92

DAFTAR PUSTAKA

Al-Farhani, H., Darsouei, R., Kamali, S., Moravvej, G., & Karimi, J. (2021). Pathogenicity of native isolates of entomopathogenic fungi Beauveria and Metharizium genera on Microcerotermes diversus (Blattodea: Termitidae) in the laboratory. *International Journal of Tropical Insect Science*, *41*(2), 1493–1503. https://doi.org/10.1007/s42690-020-00347-w

Altinok, H. H., Altinok, M. A., & Koca, A. S. (2019). Modes of action of entomopathogenic fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, *8*(16), 117-124. https://www.researchgate.net/publication/338390298_Modes_of_Action_of_Entomopathogenic_Fungi

Ambele, C. F., Ekesi, S., Bisseleua, H. D. B., Babalola, O. O., Khamis, F. M., Djuideu, C. T. L., & Akutse, K. S. (2020). Entomopathogenic fungi as endophytes for biological control of subterranean termite pests attacking cocoa seedlings. *Journal of Fungi*, *6*(3), 1–18. https://doi.org/10.3390/jof6030126

Anantharaju, T., Kaur, G., Gajalakshmi, S., & Abeasi, S. A. (2014). Sampling and identification of termites in Northeastern Puducherry. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *2*(3), 225–230.

Andika, I. P., & Martono, E. (2022). Mapping of Indonesia's Agricultural Insecticides in 2021: Registered Products, Future Research Opportunities, and Information Dissemination. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, *44*(2), 377–389. https://doi.org/10.17503/agrivita.v44i2.3375

Anggraeni, D. N., & Usman, M. (2015). Uji aktivitas dan identifikasi jamur rhizosfer pada tanah perakaran tanaman pisang (Musa paradisiaca) terhadap jamur Fusarium. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, *1*(2), 89–98. https://doi.org/10.31289/biolink.v1i2.729

Anjelia, V., Rizki, A., Jauharlina, J., Sutekad, D., Yasmin, Y., Dharma, W., Rahmadani, R., & Syaukani, S. (2024). Investigation of termite attack, Macrotermes gilvus Hagen (Termitidae: Blattodea), to cocoa (Theobroma cacao). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1297*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1297/1/012047

Arifin, Z., Dahlan, Z., Irsan, C., & Hartono, Y. (2014). Characteristics, morphometry and spatial distribution of populations of subterranean termites Macrotermes gilvus Hagen (Isoptera: Termitidae) in the rubber plantation land habitat which managed without pesticides and chemical fertilizers. *International Journal of Science and Research*, *3*(4), 102–106.

Arinana, A., Rahman, M. M., Silaban, R. E. G., Himmi, S. K., & Nandika, D. (2022). Preference of Subterranean Termites among Community Timber Species in Bogor, Indonesia. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, *50*(6), 458–474. https://doi.org/10.5658/WOOD.2022.50.6.458

Arinana, A., Rauf, A., Nandika, D., Harahap, I., & Sumertajaya, I. M. (2019). Model Prediksi Kelas Bahaya Serangan Rayap Tanah Di Provinsi DKI Jakarta Berbasis Spesies, Tanah, dan Iklim. *Prosiding Seminar Nasional PEI*, *October*, 170–179. https://www.researchgate.net/publication/338294223

Arinana, Philippines, I., Koesmaryono, Y., Sulaeha, S., Maharani, Y., & Indarwatmi, M. (2021). The daytime indoor and outdoor temperatures of the subterranean termite Coptotermes curvignathus Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae) tunnel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

Science, *807*(2). https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022027

Bayu, M. S. Y. I., Prayogo, Y., & Indiati, S. W. (2021). Beauveria bassiana: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Palawija*, *19*(1), 41. https://doi.org/10.21082/bulpa.v19n1.2021.p41-63

Bignell, D. E., & Eggleton, P. (2000). Termites in the ecosystem. Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology. Netherlands: *Springer*. 363–387. https://doi.org/10.12691/ajmse-10-1-2

Chin, K. L., H'Ng, P. S., Lee, C. L., Wong, W. Z., Go, W. Z., Khoo, P. S., Luqman, A. C., & Ashaari, Z. (2021). Application strategies by selective medium treated with entomopathogenic bacteria Serratia marcescens and Pseudomonas aeruginosa as potential biocontrol against Coptotermes curvignathus. *Royal Society Open Science*, *8*(4). https://doi.org/10.1098/rsos.201311

Chouvenc, T. (2020). Limited survival strategy in starving subterranean termite colonies. *Insectes Sociaux*, *67*(1), 71-82. https://doi.org/10.1007/s00040-019-00729-5

Chouvenc, T., Su, N. Y., & Kenneth Grace, J. (2011). Fifty years of attempted biological control of termites - Analysis of a failure. *Biological Control*, *59*(2), 69–82. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.015

Conn, B., & Damas, K. (2025). Toona sureni bole [Photograph]. PNG Trees Key. Retrieved June 13, 2025, from https://www.pngplants.org/PNGtrees/TreeDescriptions/ToonasureniBlume`Merr.html

Cory, J. S. (2015). Insect virus transmission: Different routes to persistence. *Current Opinion in Insect Science*, *8*, 130–135. https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.01.007

Desyanti, D., Fauzan, F., & Yenti, Z. (2023). Jenis dan Intensitas Serangan Rayap pada Pohon Pinus di Nagari Talang Babungo Kabupaten Solok Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Proteksi Tanaman*, *7*(1), 34–43. http://jpt.faperta.unand.ac.id/index.php/jpt

Desyanti, Hadi, Y., Yusuf, S., & Santoso, T. (2007). Effectiveness of some entomopathogenic fungi species as biocontrol agent to bubterranean termite Coptotermes gestroi Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae) using contact and baiting methods. *J. Ilmu & Teknologi Kayu Tropis*, *5*(2), 68–77. https://doi.org/10.51850/jitkt.v5i2.264

Dimbi, S., Maniania, N. K., Lux, S. A., & Mueke, J. M. (2004). Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of Metarhizium anisopliae to three species of African tephritid fruit flies. *BioControl*, *49*(1), 83–94. https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000009397.84153.79

Duquesne, E., & Fournier, D. (2024). Connectivity and climate change drive the global distribution of highly invasive termites. *NeoBiota*, *92*, 281–314. https://doi.org/10.3897/neobiota.92.115411

Dwiastuti, M. ., W. Nawir, Yunimar, & S. Wuryantini. (2007). Uji Patogenisitas Jamur Entomopatogen Hirsutella citriformis, Beauveria bassiana, dan Metarhizium anisopliae secara Eka dan Dwiinfeksi untuk Mengendalikan Diaphorina Citri Kuw. *Jurnal Hortikultura*, *17*(1), 75–80. https://doi.org/10.21082/jhort.v17n1.2007.p%p

Eka, R. W. (2021). Uji Termitisida Komersial Terhadap Mortalitas Rayap Tanah *Coptotermes gestroi.* (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung)..

http://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/16142

Erawati, D. N., Wardati, I., Suharto, S., Aji, J. M. M., Ida, N. C., & Suprapti, Y. (2021). Jalur Infeksi Beauveria bassiana Dan Metarhizium anisopliae Sebagai Pengendali Hayati Coleoptera:Oryctes rhinoceros L. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, *21*(3), 220–226. https://doi.org/10.25181/jppt.v21i3.2139

Esteban, L. G., de Palacios, P., García-Iruela, A., García-Esteban, L., de Vega, D. G., & García-Fernández, F. (2021). Comparative wood anatomy in pinaceae with reference to its systematic position. *Forests*, *12*(12). https://doi.org/ 10.3390/f12121706

Fabisiak, E., Fabisiak, B., & Krauss, A. (2020). Radial Variation in Tracheid Lengths in Dominant Trees of Selected Coniferous Species. *BioResources*, *15*(4), 7330–7341. https://doi.org/10.15376/biores.15.4.7330-7341

Fallahzadeh, H., Karimi, J., Moravvej, G. H., & Tarasco, E. (2019). Isolation and characterization of metarhizium isolates from the soil of Afghanistan and their mycoinsecticide effects against subterranean termite (Anacanthotermes vagans). *Redia*, *102*, 163–170. https://doi.org/10.19263/REDIA-102.19.23

Fiji Resort. (2025). Tectona grandis mature trees with logs [Photograph]. Retrieved June 13, 2025, from https://www.fijiresort.com/botanical-tour-111/

Friday, J. B. (2018). Swietenia macrophylla wood [Photograph]. Flickr. Retrieved June 13, 2025, from https://www.flickr.com/photos/jbfriday/40521435331

Geng, A., Cheng, Y., Wang, Y., Zhu, D., Le, Y., Wu, J., Xie, R., Yuan, J. S., & Sun, J. (2018). Transcriptome analysis of the digestive system of a wood-feeding termite (Coptotermes formosanus) revealed a unique mechanism for effective biomass degradation. *Biotechnology for Biofuels*, *11*(1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s13068-018-1015-1

Hadiyanto, I. F. (2013). Sifat Anti Rayap Zat Ekstraktif Kayu Teras Mindi (Melia azedarach Linn.) Terhadap Serangan Rayap Tanah (Coptotermes curvignathus Holmgren). Institut Pertanian Bogor. http://repository.ipb.ac.id/handle/ 123456789/67706

Harjono, Wahyuni, I. N. P., Darmawan, A., Alighiri, D. (2020). Isolasi dan Karakteristik Senyawa Metabolit Sekunder dari Serbuk Kayu Mohani (Swietenia MeCrophylla King). *Jurnal Farmasi & Sains Indonesia*, *3(1), 45–48. Retrieved from https://www.jurnal.stifera.ac.id/index.php/jfsi/article/view/48*

Hassan, A., Li, Z., Zhou, X., Mo, J., & Huang, Q. (2024). Termite management by entomopathogenic fungi: Recent advances and future prospects. *Current Research in Biotechnology*, *7*, 100183. https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2024.100183

Hoe, P. K., King, J. H., Ong, K. H., Bong, C. F., & Mahadi, N. M. (2023). Elucidating The Lignocellulose Digestion Mechanism Coptotermes curvignathus Based on Carbohydrate-Active Enzymes Profle Using The Meta-Transcriptomic Approach. *Malaysian Applied Biology*, *52*(5), 177-186. https://doi.org/10.55230/mabjournal.v52i5.icfic13

Hutama, A., Pangestiningsih, Y., & Lisnawita, L. (2015). Pengaruh Beberapa Jenis Termitisida Dalam Mengendalikan Rayap (Captotermes Curvignathus Holmgren) Di Laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, *3*(3), 105006. https://doi.org/10.32734/jaet.v3i3.10720

Ibrahim, E., Ikhsan, Z., Sidik, E. A., Ulpah, S., Rosida, N., & Suherah, S. (2024). Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Bandung: CV Widina Media Utama. [Daring]. Diakses dari https://repository.penerbitwidina.com/id/publications/

567572/pengendalian-hama-terpadu-pht (1 November 2024)
Icha, T. M. (2025). Pemanfaatan Cuka Kayu Tanaman Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) Sebagai Biopestisida Terhadap Rayap Tanah (Macrotermes gilvus.) Di Kabupaten Tulang Bawang Barat (Doctoral Dissertation, Uin Raden Intan Lampung). https://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/37018.
Ihsan, A. K., Afifah, L., Sugiarto, & Kurniati, A. (2023). Virulensi Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana Terhadap Wereng Batang Coklat Nilaparvata lugens Stal. *Jurnal Agrotech*, *13*(1), 63–70. https://doi.org/10.31970/agrotech.v13i1.136
iNaturalist. (2025). Toona sureni tree [Photograph]. iNaturalist species database. Retrieved June 13, 2025, from https://www.inaturalist.org/taxa/782295-Toona-sureni
Indiati, S. W., Suharsono, S., & Bedjo, B. (2013). Pengaruh Aplikasi Serbuk Biji Mimba Spodoptera litura Nuclear Polyhedrosis Virus dan Varietas Tahan terhadap Perkembangan Ulat Grayak pada Kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, *32*(1), 123870. https://doi.org/10.21082/jpptp.v32n1.2013.p43-49.
Indria, S. P., Khotimah, S., & Linda, R. (2013). Jenis-Jenis Jamur Entomopatogen Dalam Usus Rayap Pekerja Coptotermes curvignathus Holmgren. *Protobiont*, *2*(3), 141–145. https://123dok.com/document/zwo00dvy-jenis-jenis-jamur-entomopatogen-dalam-usus-rayap-pekerja.html
Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., & Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, *159*(March), 105122. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122
Jaber, L. R., & Ownley, B. H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. *Biological Control*, *116*, 36–45. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018
Japanese Industrial Standards [JIS]. 2010. Test Methods for Determining the Effectiveness of Wood Pre- servatives and Their Performance Requirements. JIS K 1571. Japanese Industrial Standards, Tokyo, Japan.
Jayantika, I. (2018). Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik dengan SPSS. [Daring]. Diakses dari https://books.google.co.id/books?id =NaCHDwAAQBAJ (3 November 2024).
Kamarudin, M. A., Abdullah, S., & Lau, W. H. (2022). Efficacy of soil-borne entomopathogenic fungi against subterranean termite, Coptotermes curvignathus Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *32*(1). https://doi.org/10.1186/s41938-022-00536-4
Pandit, I. K., Nandika, D., & Darmawan, W. (2011). Analisis Sifat Dasar Kayu Hasil Hutan Tanaman Rakyat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *16*(2), 119–124. https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/6609
Kaufman, P. (2010). A Chinaberry (Melia azedarach) removal – cut log trunk [Photograph]. Sonoran Tree Service. Retrieved June 13, 2025, from https://sonorantree.wordpress.com/2010/05/11/a-chinaberry-meliaazedarach-removal/

Khan, M. A., & Ahmad, W. (2018). Termites: an overview. *Termites and Sustainable Management: Volume 1-Biology, Social Behaviour and Economic Importance*, 1-25. *Springer International Publishing.* [Daring]. Diakses dari https://doi.org/ 10.1007/978-3-319-72110-1_1 (1 November 2024).

Khan, M. A., & Ahmad, W. (2021). Microbes for Sustainable lnsect Pest Management. In *Sustainability in Plant and Crop Protection* (Vol. 1, Issue May). *Springer Nature Switzerland.* [Daring]. Diakses dari https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-23045-6 (1 November 2024).

Krishna, K., Grimaldi, D. A., Krishna, V., & Engel, M. S. (2013). Treatise on the Isoptera of the world: Termitidae (part one). *Bulletin of the American Museum of Natural History*. *2013*(377). https://doi.org/10.1206/377.4

Lisa, O., Syaukani, S., Fitri, L., Sari, P. M., Aminah, S., & Ernilasari, E. (2023). Virulensi Cendawan Entomopatogen Aspergillus spp. Sebagai Agen Biokontrol Hama Rayap Coptotermes curvignathus (Isoptera: Rhinotermitidae). *Jurnal Agrotek Lestari*, *9*(1), 9-14. https://doi.org/ 10.35308/jal.v9i1.7253

Liu, Y. C., Ni, N. T., Chang, J. C., Li, Y. H., Lee, M. R., Kim, J. S., & Nai, Y. S. (2021). Isolation and selection of entomopathogenic fungi from soil samples and evaluation of fungal virulence against insect pests. *Journal of Visualized Experiments*, *175*. https://doi.org/10.3791/62882

Lwin, W. W., & Wyun, K. S. (2019). Study on colonies of the fungus-growing termite Macrotermes gilvus (Hagen, 1858) (Blattodea: Termitidae) in Hlawga Wildlife Park, Yangon Region. *Journal of Agricultural Research.* 6(2), 1-6. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/ 10.5555/20230091457

Mantzoukas, S., Kitsiou, F., Natsiopoulos, D., & Eliopoulos, P. A. (2022). Entomopathogenic Fungi: Interactions and Applications. *Encyclopedia*, *2*(2), 646–656. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2020044

Maurice, N., & Erdei, L. (2018). Termite Gut Microbiome. In *Termites and Sustainable Management: Volume 1-Biology, Social Behaviour and Economic Importance, 69-99*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72110-1_4

Mercan, P. (2025). Pinus merkusii tree, Singapore Botanical Garden. The Gymnosperm Database. Retrieved June 9, 2025, from https://www.conifers.org/pi/Pinus_merkusii.php

Mukhid, A. (2021). Metodologi Penelitian Pendekatan Kuantitatif. [Daring]. Diakses dari https://books.google.co.id/books?id=lQ4lEAAAQBAJ (3 November 2024).

Mulyana, D., Hut, S., Asmarahman, C., & Hut, S. (2010). *7 Jenis kayu penghasil rupiah*. Jakarta: AgroMedia. [Daring]. Diakses dari https://books.google.co.id/ books?hl=en&lr=&id=Z0diouOoOqAC&oi (15 Mei 2025)

Nakashima, M., Mitaka, Y., Inagaki, T., & Matsuura, K. (2024). An antifungal compound secreted by termite workers, phenylacetic acid, inhibits the growth of both termite egg-mimicking fungus and entomopathogenic fungi. *Insectes Sociaux*, *71*(2), 221–232. https://doi.org/10.1007/s00040-024-00966-3

Nandika, D., Rismayadi, Y., & Diba, F. (2003). Rayap. *Biologi dan Pengendaliannya. Editor Harun Joko P. Surakarta: Universitas Muhammadiyah*, 10-124.

Native Plant Society of Texas. (2025). Melia azedarach tree in natural habitat [Photograph]. NPSOT. Retrieved June 13, 2025, from

https://www.npsot.org/posts/invasive-plant/melia-azedarach/

Nicoletti, R., Andolfi, A., Becchimanzi, A., & Salvatore, M. M. (2023). Anti-Insect Properties of Penicillium Secondary Metabolites. *Microorganisms*, *11*(5), 1–32. https://doi.org/10.3390/microorganisms11051302

Nuraida, D. H., & Hariani, F. (2022). *Monograf Konsentrasi Ekstrak Serai Wangi (Kajian Mortalitas Ulat Grayak (Spodoptera litura)*. Guepedia. [Daring]. Diakses dari https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=mCxpEAAAQBAJ (15 Mei 2025)

Nuraida & Hasyim, A. (2009). Isolasi, identifikasi, dan karakterisasi jamur enromopatogen dari rizosfir pertanaman kubis. *Jurnal Hortikultura*, *19*(4), 409–432. https://doi.org/10.21082/jhort.v19n4.2009.

Pratama, A. O., Kuswanto, E., & Suryanto, E. (2023). Studi Arsitektur Sarang Rayap Macrotermes gilvus Hagen (Isoptera: Termitidae) di Bumi Agung, Way Kanan, Lampung. *Jurnal Biologi Indonesia*, *19*(2), 119–124. https://doi.org/10.47349/jbi/19022023/119

Ohmura, W., Doi, S., Aoyama, M., & Ohara, S. (2000). Antifeedant activity of flavonoids and related compounds against the subterranean termite Coptotermes formosanus Shiraki. *Journal of Wood Science*, *46*(2), 149–153. https://doi.org/10.1007/BF00777362

Oktiarni, D., Kasmiarti, G., Nofyan, E., Miksusanti, Hasanudin, & Hermansyah. (2022). Diversity of cellulolytic bacteria from Macrotermes gilvus gut isolated from Indralaya peatland region, Indonesia. *Biodiversitas*, *23*(1), 486–495. https://doi.org/10.13057/biodiv/d230152

Ombura, F. L. O., Abd-Alla, A. M. M., Akutse, K. S., Runo, S., Mireji, P. O., Bateta, R., Otiwi, J. E., Ajene, I. J., & Khamis, F. M. (2024). Dual suppression of Glossina pallidipes using entomopathogenic fungal-based biopesticides and sterile insect technique. *Frontiers in Microbiology*, *15*(December), 1–16. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1472324

Ong-Artborirakarn, S., (2018). Gradient of tapping panel dryness (TPD) symptoms in Hevea brasiliensis. Scientific Reports, 8, Article 26854. Nature. Retrieved June 13, 2025, from https://www.nature.com/articles/s41598-018-26854-y

Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, *13*(August), 1–29. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619

Peristiwati, Natamihardja, Y. S., & Herlini, H. (2018). Isolation and identification of cellulolytic bacteria from termites gut (Cryptotermes sp.). *Journal of Physics: Conference Series*, *1013*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012173

Priwiratama. (2018). Kenali dan kendalikan serangan rayap di areal kelapa sawit lahan gambut dan eks-hutan. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, *23*(3), 91–98. https://www.researchgate.net/publication/334360356

Purusatama, B. D., Nawawi, D. S., & Hadi, Y. S. (2022). Fresh-cut wood disks of Pinus merkusii (Sumatran pine) in reaction wood studies. *Wood Science and Technology*, 56(3), 521–536. https://doi.org/10.1007/s00226-021-01311-w

Puspitasari, M., Susilawati, S., & Mubin, N. (2022). Rayap Pada Tanaman Perkebunan Serta Teknik Pengelolaannya. *Perspektif*, *20*(2), 121.

https://doi.org/10.21082/psp.v20n2.2021.121-132
Putra, G. W., Ramona, Y., & Proborini, M. W. (2020). Eksplorasi Dan Identifikasi Mikroba Pada Rhizosfer Tanaman Stroberi (Fragaria x ananassa Dutch.) Di Kawasan Pancasari Bedugul. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, *7*(2), 62. https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i02.p09
Rafli, M. A., Madusari, S., & Soesatrijo, J. (2021). Komparasi Efektivitas Metode Pengendalian Rayap Macrotermes gilvus Di Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, *5*(2), 77. https://doi.org/10.24853/jat.5.2.77-86
Ragavendran, C., Manigandan, V., Kamaraj, C., Balasubramani, G., Prakash, J. S., Perumal, P., & Natarajan, D. (2019). Larvicidal, histopathological, antibacterial activity of indigenous fungus Penicillium sp. Against Aedes aegypti L and Culex quinquefasciatus (Say) (Diptera: Culicidae) and Its Acetylcholinesterase Inhibition and Toxicity Assessment of Zebrafish (Danio re. *Frontiers in Microbiology*, *10*(MAR), 1–17. https://doi.org/ 10.3389/fmicb.2019.00427
Rahayu, Y., Gunawan, E., & Alan, S. (2024). Uji Toksisitas Ekstrak Jung Rahab (Baeckea frutescens L.) dan Potensinya Sebagai Pengawet alami Kayu. *Cannarium*, *22*(1). https://doi.org/10.33387/cannarium.v22i1.8247
Ramdhania, D., & Haneda, N. F. (2016). Effectiveness Of Beauveria Bassiana Against Coptotermes Curvignathus. *Jurnal Silvikultur Tropika*, *07*(3), 19–21. https://doi.org/10.29244/j-siltrop.7.3.S19-S21
Riska, A., Safar, M., Asfar, A. M. I. T., Asfar, A. M. I. A., Yulita, Y., & Hasmariyanti, H. (2023). Inhibitor Biodeteriorasi Buah Pinus sebagai Pembasmi Rayap. Purbalingga: Eureka Media Aksara. [Daring]. Diakses dari https://repository.penerbiteureka.com/ms/publications/567149/ (3 Mei 2025).
Rizali, A., Karindah, S., Windari, A., Rahardjo, B., Nurindah, N., & Sahari, B. (2020). Ant and termite diversity in Indonesian oil palm plantation: Investigating the effect of natural habitat existence. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *21*(4), 1326–1331. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210408
Rozi, Z. F., Febrianti, Y., & Telaumbanua, Y. (2018). Potensi sari pati Gadung (Dioscorea hispida L.) sebagai bioinsektisida hama Walang Sangit pada tanaman Padi (Oryza sativa L.). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, *6*(1), 18-22. https://doi.org/10.24252/bio.v6i1.4185.
Ruiu, L. (2018). Microbial biopesticides in agroecosystems. *Agronomy*, *8*(11), 1–12. https://doi.org/10.3390/agronomy8110235
Sarbini, S. R. B. (2020). Digestive system of worker termite Coptotermes curvignathus Holmgren and its chemical and cellulolytic microbial properties. https://ejournal.ukm.my/serangga/article/view/38874
Schoch CL, *et al*. (2020) NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford). 2020: baaa062. PubMed: 32761142 PMC: PMC7408187.
Shankar, J. (2013). An overview of toxins in Aspergillus associated with pathogenesis. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, *2*(2), 16-31. http://www.ijlbpr.com/currentissue.php.
Sharma, A., Srivastava, A., Shukla, A. K., Srivastava, K., Srivastava, A. K., & Saxena, A. K. (2020). Entomopathogenic fungi: a potential source for biological control of insect pests. *Phytobiomes: current insights and future*

vistas, 225-250. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3151-4_9

Sharma, A., Sharma, S., & Yadav, P. K. (2023). Entomopathogenic fungi and their relevance in sustainable agriculture: A review. *Cogent Food and Agriculture*, *9*(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2180857.

Sharma, Anuja, Thakur, N., Hashem, A., Dawoud, T. M., & Abd_Allah, E. F. (2024). Insecticidal potential of Bacillus thuringiensis, Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae individually and their synergistic effect with barazide against Spodoptera litura. *Heliyon*, *10*(17), https://doi.org/ 10.1016/j.heliyon.2024.e37175

Sileshi, A., Sori, W., & Dawd, M. (2013). Laboratory Evaluation of entomopathogenic fungi Metarhizium Anisophilae and Beauveria bassiana against termite, Macrotermes (Isoptera: Termitidae). *Asian Journal of Plant Sciences*, *12*(1), 1–10. https://doi.org/10.3923/ajps.2013.1.10.

Sinha, K. K., Choudhary, A. K., & Kumari, P. (2016). Entomopathogenic Fungi. In *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. https://doi.org/ 10.1016/B978-0-12-803265-7.00015-4.

Spescha, A., Weibel, J., Wyser, L., Brunner, M., Hess Hermida, M., Moix, A., Scheibler, F., Guyer, A., Campos-Herrera, R., Grabenweger, G., & Maurhofer, M. (2023). Combining entomopathogenic Pseudomonas bacteria, nematodes and fungi for biological control of a below-ground insect pest. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *348*(August 2022). https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108414

Subekti, N. (2010). Karakteristik Populasi Rayap Tanah Coptotermes spp (Blattodea : Rhinotermitidae) dan Dampak Serangannya. *Biosaintifika*, *2*(2), 110–114. https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v2i2.1158

Subekti, N. (2012). Preferensi makan rayap tanah Macrotermes gilvus Hagen (Blattodea: Termitidae) terhadap kayu pinus (Pinus merkusii). *Bioteknologi*, *9*(2), 57–65. https://doi.org/10.13057/biotek/c090204

Subekti, N., & Fadhila, A. (2023). Termite Identification Attacks on Buildings. *Biosaintifika*, *15*(2), 255–261. https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v15i2.43236.

Subekti, N., Susilowati, A., Kusumaningrum, E. N., Fadhila, A., Salsabila, S., Zahra, C. A., Sabrina, N. Al, Guswenrivo, I., Sanjaya, Y., Kurniawan, C., Iswanto, A. H., & Miranti, M. (2024). The Application of Entomopathogenic Fungi Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana, and Trichoderma harzianum for Coptotermes curvignathus and Cryptotermes cynocephalus Termite Control in Indonesia. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, *52*(3), 262–275. https://doi.org/10.5658/WOOD.2024.52.3.262

Sudiarta, I. P., Syahbana, R. D., Yuliadhi, K. A., Suputra, I. P. W., & Gargita, I. W. D. (2024). Eksplorasi Jamur Entomopatogen, Dari Beberapa Rizosfer Tanah, Dengan Insect Bait Method. *AGRICA*, *17*(1), 105-117. https://doi.org/ 10.37478/agr.v17i1.4146.

Suhasman, ., Massijaya, M. Y., Hadi, Y. S., & Arif, A. (2008). Ketahanan Papan Komposit Dari Limbah Kayu Sengon Dan Karton Terhadap Rayap Kayu Kering Dan Rayap Tanah. *Perennial*, *4*(1), 28. https://doi.org/10.24259/perennial.v4i1.180

Sulastri, N., Hafizarlutfia, T., & Afifah, L. (2017, October). Teknologi Pengendaliaan Hayati Serangga menggunakan Biopestisida Potensial: Cendawan Entomopatogen Verticillium lecanii (Zimm.) Viegas. In *Seminar*

Nasional PEI Cabang Bandung (p. 87). https://www.researchgate.net/publication/356406670

Sulistyo, J., Marsoem, S. N., Listyanto, T., & Pertiwi, Y. A. B. P. B. (2020). Sifat Ketahanan Api dan Degradasi Panas Tiga Jenis Kayu Dilapisi Arang Kayu Sengon. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, *14*(1), 28-41. https://doi.org/10.22146/jik.57460.

Sun, J., Fuxa, J. R., & Henderson, G. (2003). Effects of virulence, sporulation, and temperature on Metarhizium anisopliae and Beauveria bassiana laboratory transmission in Coptotermes formosanus. *Journal of Invertebrate Pathology*, *84*(1), 38–46. https://doi.org/10.1016/S0022-2011(03)00122-8

Suroto, A., Soesanto, L., & Bahrudin, M. (2023). Eksplorasi, Identifikasi, dan Bioesai Jamur Entomopatogen terhadap Spodoptera frugiperda dari Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *28*(4), 513–524. https://doi.org/10.18343/jipi.28.4.513.

Svedese, V. M., Áurea De Luna, E., Lima, A., Lúcia, A., & Porto, F. (2013). Brazilian Archives Of Biology And Technology Horizontal Transmission and Effect of the Temperature in Pathogenicity of Beauveria bassiana Against Diatraea saccharalis (Lepidoptera: Crambidae). *Arch. Biol. Technol. V*, *56*(3), 413–419. https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000300009.

Syahril, S., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2022). Efektivitas Pengawetan Kayu Sengon (Paraserianthes falcataria) Menggunakan Ekstrak Biji Mahoni dengan Metode Rendaman Dingin Terhadap Serangan Rayap Tanah. *Journal of Forest Science Avicennia*, *5*(2), 159–167. https://doi.org/ 10.22219/avicennia.v5i1.21662

Wati, C., Arsi, A., Karenina, T., Riyanto, R., Nirwanto, Y., Nurcahya, I., Melani, D., Astuti, D., Septiarini, D., Purba, S. R. F., Ramdan, E. P., & Nurul, D. (2021). Full Book Hama dan Penyakit Tanaman. Yayasan Kita Menulis: [Daring]. Diakses dari https://kitamenulis.id/2021/03/26/hama-dan-penyakit-tanaman/ 91 November 2024).

Widiyanti, N. L. P. M., & Muyadihardja, S. (2004). Uji Toksisitas Jamur Metarhizium anisopliae Terhadap Nyamuk Aedes aegypty. *Artikel Media Litbang kesehatan*, *14*. https://doi.org/10.22435/mpk.v14i3 Sept.904.

Wills, B. D., Powell, S., Rivera, M. D., & Suarez, A. V. (2018). Correlates and Consequences of Worker Polymorphism in Ants. *Annual Review of Entomology*, *63*, 575–598. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043357

Yanagawa, A., Yokohari, F., & Shimizu, S. (2008). Defense mechanism of the termite, Coptotermes formosanus Shiraki, to entomopathogenic fungi. *Journal of Invertebrate Pathology*, *97*(2), 165–170. https://doi.org/ 10.1016/j.jip.2007.09.005

Yanuar, F. (2014). Infeksi Horizontal Beauveria Bassiana Dan Aktivitas Enzim Kitinase Terhadap Mortalitas Aedes Albopictus. *Aspirato*, *7*(2), 66–73.

Yastanto, A. J. (2020). Karakteristik pertumbuhan jamur pada media PDA dengan metode pour plate. *Indonesian Journal of Laboratory*, *2*(1), 33-39.