

---

**KAJIAN LITERASI: ASAM SIRINGAT SEBAGAI AGEN ANTIJAMUR  
UNTUK MELAWAN GANODERMA BONINENSE**

**Vraya Tiranissa<sup>1\*</sup>, Bedah Rupaedah<sup>2</sup>, Siska Alicia Farma<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof Dr Hamka, Kampus Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Badan Riset Inovasi Nasional  
Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: [vrayaztln@gmail.com](mailto:vrayaztln@gmail.com)

**Abstrak**

*Ganoderma boninense* merupakan jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit yang mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar, khususnya di perkebunan kelapa sawit. Berbagai strategi pengendalian telah dilakukan, dengan menggunakan zat-zat kimia dan metabolit mikroba. Asam siringat yang merupakan senyawa fenolik, telah menunjukkan aktivitas antijamur yang signifikan, menghambat pertumbuhan patogen *G. boninense*. Senyawa ini memberikan efeknya dengan mengganggu integritas membran sel jamur, yang menyebabkan kebocoran komponen penting seperti asam amino dan ion. Gangguan ini merusak fungsi vital sel jamur, yang pada akhirnya mengakibatkan kematian sel. Mengingat sifat antimikroba dan antijamurnya, asam siringat sebagai agen bioaktif untuk pengendalian biologis patogen tanaman. Selain itu, asam siringat juga memiliki potensi untuk meningkatkan kemanjuran agen pengendali hayati lainnya, menjadikannya alternatif yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengendalian hama di bidang pertanian. Naskah review ini bertujuan untuk mendalami potensi asam siringat sebagai agen antijamur dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense*.

**Kata Kunci:** antijamur, *Ganoderma boninense*, kelapa sawit, asam siringat

**Abstract**

*Ganoderma boninense* is the causative agent of basal stem rot disease in oil palm, resulting in substantial economic losses. Various control strategies have been employed. Syringic acid has demonstrated significant antifungal activity, inhibiting the growth of the *G. boninense* pathogen. This compound exerts its effects by disrupting the integrity of fungal cell membranes, which leads to the leakage of essential components such as amino acids and ions. This disruption impairs the vital functions of the fungal cell, ultimately resulting in cell death. Given its antimicrobial and antifungal properties, syringic acid holds promise as a bioactive agent for the biological control of plant pathogens. Furthermore, it can potentially enhance the efficacy of other biological control agents, making it an effective and environmentally sustainable alternative for agricultural pest management. This review aims to examine the potential of syringic acid as an antifungal agent in inhibiting the growth of *G. boninense*.

**Keywords:** antifungal, *Ganoderma boninense*, oil palm, syringic acid

## 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia, beberapa tantangan telah muncul, salah satunya adalah meningkatnya insiden penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh patogen *Ganoderma boninense*, yang mengancam produksi kelapa sawit. Penyakit ini menghalangi transportasi air dan nutrisi dari tanah, menyebabkan klorosis daun, penurunan massa batang, gangguan produksi buah, dan dalam kasus parah, kematian tanaman (Flood *et al.*, 2022). Meskipun *G. boninense* umumnya menyebabkan gejala yang lebih berat pada kelapa sawit berumur tua (Hushiarian *et al.*, 2013), beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa patogen ini juga mampu menginfeksi tanaman muda, bahkan sejak fase bibit, dan perkembangan penyakit dapat terjadi dengan cepat pada kondisi yang mendukung (Azmi *et al.*, 2020). Pohon kelapa sawit yang sehat rentan terinfeksi melalui kontak akar dengan sumber inokulum (Nasution & B Damanik, 2016). *G. boninense*, yang menyebabkan busuk pangkal batang, umumnya menyerang tanah mineral, sedangkan patogen yang terkait dengan busuk pangkal batang sering ditemukan di lahan gambut (Widiastuti *et al.*, 2017). Menurut (Mercière *et al.*, 2017) penyebaran *G. boninense* terjadi melalui kontak akar antara pohon kelapa sawit yang terinfeksi dan yang sehat, penyebaran spora oleh serangga atau angin, dan juga penularan spora melalui aktivitas panen dan pemeliharaan perkebunan. Di Indonesia, *G. boninense* dianggap sebagai spesies paling merusak, menyebabkan kematian pada lebih dari 80% populasi kelapa sawit dan secara signifikan mengurangi hasil kelapa sawit per hektar (Saragih *et al.*, 2019). Busuk pangkal batang merupakan penyakit paling berdampak secara ekonomi di Indonesia, dengan potensi kerugian melebihi 50% dan kerugian tahunan diperkirakan mencapai hingga 250 juta dolar (Rahmana *et al.*, 2024). Selain kerugian ekonomi langsung, patogen ini juga memperpendek umur produktif tanaman kelapa sawit (Dahang *et al.*, 2021).

Berbagai strategi telah diterapkan untuk mengendalikan penyebaran *G. boninense* di perkebunan kelapa sawit, termasuk penggunaan fungisida, praktik tradisional seperti meningkatkan sanitasi, menghancurkan tanaman terinfeksi, dan menerapkan bahan

kimia seperti carboxin dan quintozone (Sahebi *et al.*, 2015). Namun, metode-metode ini terbukti tidak memadai, karena sering menimbulkan efek samping, merugikan organisme bermanfaat, dan menyebabkan degradasi lingkungan. Selain itu, metode-metode ini menimbulkan biaya operasional yang tinggi (Munthe & Dahang, 2018). Teknik pengendalian alternatif yang menunjukkan potensi untuk mengelola busuk pangkal batang pada kelapa sawit meliputi sanitasi, pembuatan parit isolasi, penggunaan *Fumigan Stump Treatment* seperti dazomet untuk mengurangi inokulum pada tunggul, aplikasi fungisida sistemik pada tahap pencegahan, serta penggunaan agen hayati seperti *Trichoderma* spp. dan mikoriza endofitik yang telah dilaporkan menekan perkembangan *Ganoderma* dan meningkatkan ketahanan tanaman (Jazuli *et al.*, 2022).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mikroorganisme antagonis memiliki potensi besar dalam menghambat perkembangan *G. boninense* melalui produksi metabolit bioaktif tertentu. (Hui Lim *et al.*, 2019) melaporkan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* mampu bertindak sebagai agen biokontrol terhadap patogen BSR melalui mekanisme antagonisme yang melibatkan produksi senyawa metabolit sekunder. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Widiantini *et al.*, 2024), yang menunjukkan bahwa isolat bakteri rizosfer mampu menekan pertumbuhan *G. boninense* secara *in vitro*, sehingga memperkuat bukti bahwa bakteri tanah berperan penting sebagai sumber agen pengendali hayati. Selain itu, (Jee Wei Ren, 2017) melaporkan bahwa beberapa jenis asam fenolat, termasuk asam siringat, menunjukkan aktivitas antifungal terhadap *G. boninense*, yang semakin menguatkan dugaan bahwa kelompok senyawa fenolik memiliki peran biologis penting dalam penghambatan patogen ini.

Kajian literasi ini berfokus pada potensi penggunaan asam siringat sebagai agen antijamur untuk menghambat pertumbuhan patogen *G. boninense*. Asam siringat, senyawa fenolik yang terdapat pada berbagai spesies tumbuhan, diproduksi melalui jalur shikimat, jalur biosintesis utama untuk berbagai senyawa organik tumbuhan. Penelitian telah menunjukkan bahwa asam siringat memiliki sifat antijamur yang

signifikan, menjadikannya calon agen pengendalian biologis yang potensial. Kajian literasi ini diharapkan menjadi sumber informasi terkait efektivitas asam siringat sebagai alternatif berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk metode konvensional dalam mengendalikan penyebaran *G. boninense* dan mencegah busuk pangkal batang pada perkebunan kelapa sawit.

## 2. METODE PENELITIAN

Kajian literatur ini disusun melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) yang bertujuan untuk menyeleksi dan menganalisis artikel ilmiah dalam 10 tahun terakhir yang berkaitan dengan potensi asam siringat sebagai agen antijamur terhadap patogen *G. boninense* pada penyakit busuk pangkal batang.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penemuan literatur, asam siringat muncul berulang sebagai senyawa fenolik dengan aktifitas antijamur pada patogen *G. boninense*. Adanya penelitian yang melakukan studi *in vitro* menunjukkan asam siringat mampu menghambat atau menghentikan pertumbuhan *G. boninense*. Dapat dilihat pada Tabel 1 dengan metode SLR berikut.

Tabel 1. Hasil kajian literasi menggunakan metode SLR

No	Peneliti & Tahun	Judul / Fokus Studi	Metode	Temuan Utama	Relevansi
1	Hui Lim et al., 2019	Biokontrol <i>G. boninense</i> oleh <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	LC-MS	AS terdeteksi sebagai metabolit antifungi	AS relevan untuk biokontrol
2	Irma et al., 2018	Bakteri penghasil biofungisida untuk <i>G. boninense</i>	Uji antagonis	Menghasilkan metabolit antifungi	Mendukung penggunaan AS
3	Anwar et al., 2024	Microdilution untuk uji antifungi	MIC & MFC	Menegaskan metode standar	Digunakan untuk uji AS
4	Rupaedah & Lutfia, 2023	AS dan phenazine dari	Isolasi endofit +	AS dihasilkan endofit	Penguatan produksi AS

No	Peneliti & Tahun	Judul / Fokus Studi	Metode	Temuan Utama	Relevansi
		endofit <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	LC-MS		
5	Siddiqui <i>et al.</i> , 2021	Strategi kontrol <i>G. boninense</i>	Review	Identifikasi tantangan biokontrol	Perlu agen alternatif seperti AS
6	Singh <i>et al.</i> , 2017	Endofit sebagai sumber bioaktif	Review	Endofit menghasilkan metabolit fenolik	Mendukung konsep produksi AS oleh mikroba
7	Dembińska K, 2025	Asam fenolat sebagai agen antijamur	GC-MS	Fenolat aromatik efektif merusak membran jamur	Pendukung mekanisme AS
8	Elshafie & Camele, 2022	Metabolit bioaktif dari bakteri asal rizosfer	GC-MS, bioassay	Bakteri penghasil asam fenolik antifungi	Relevan dengan produksi AS
9	Simonetti <i>et al.</i> , 2020	Senyawa penginduksi ROS	ROS Assay	Fenolat memicu ROS → jamur mati	Sejalan dengan mekanisme AS
10	Teodoro <i>et al.</i> , 2015	<i>Phenolic acids</i> sebagai agen antifungi terhadap <i>Candida spp.</i>	Review & analisis mekanisme antijamur	Senyawa fenolik menghambat jamur melalui kerusakan membran, gangguan metabolisme dan induksi stres oksidatif	Mendukung mekanisme antijamur AS sebagai bagian dari asam fenolik
11	Rodríguez-Valdovinos <i>et al.</i> , 2024	Antioksidan dan antijamur senyawa fenolik tanaman	Uji bioaktivitas & analisis fenolik	Senyawa fenolik aromatik menunjukkan aktivitas antijamur melalui disrupsi membran sel dan induksi stres oksidatif	Mendukung peran asam siringat sebagai fenolat aromatik dengan potensi antijamur
12	Yogaswara <i>et al.</i> , 2020	Uji antagonis <i>Trichoderma spp.</i> terhadap <i>G. boninense</i>	Uji antagonis in vitro	Isolat <i>Trichoderma spp.</i> menunjukkan kemampuan antagonis terhadap <i>G. boninense</i>	Dukungan bukti agen jamur antagonis lain dari rizosfer

No	Peneliti & Tahun	Judul / Fokus Studi	Metode	Temuan Utama	Relevansi
13	Muhammad <i>et al.</i> , 2021	Formulasi biofungisida <i>Trichoderma virens</i> endofit untuk <i>G. boninense</i>	Formulasi biofungisida & uji lapang	Formulasi biofungisida granular endofit <i>T. virens</i> efektif mengendalikan <i>G. boninense</i> pada bibit kelapa sawit	Bukti aplikatif penggunaan <i>Trichoderma</i> sebagai biokontrol
14	Hutomo <i>et al.</i> , 2025	Efek filtrat <i>T. asperellum</i> & <i>T. virens</i> terhadap <i>G. boninense</i>	Uji filtrat & FTIR	Filtrat jamur mengandung gugus antifungal menunjukkan hambatan pertumbuhan <i>G. boninense</i>	Bukti aktivitas metabolit sekunder jamur antagonis
15	Asis, 2025	Efikasi in planta isolat lokal <i>Trichoderma</i> & BCA komersial	Uji in planta dengan isolat <i>Trichoderma</i>	Isolat lokal <i>Trichoderma</i> mengurangi serangan penyakit sampai 57%	Bukti aplikasi biokontrol efektif pada tanaman
17	Darlis <i>et al.</i> , 2023	Polypore fungi sebagai agen biokontrol terhadap <i>G. boninense</i>	Uji antagonis <i>dual culture</i>	Polypore non-patogen menghambat pertumbuhan <i>G. boninense</i>	Menambah jenis agen biokontrol dari jamur lain
18	Kusmawanto <i>et al.</i> , 2022	Uji antagonis <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap <i>G. boninense</i>	Uji <i>dual culture</i>	<i>T. harzianum</i> menunjukkan hambatan pertumbuhan <i>G. boninense</i> hingga 30%	Bukti antagonis genus <i>Trichoderma</i> tambahan
19	Widiastuti <i>et al.</i> , 2019	Efek fungisida organik + <i>Trichoderma</i> terhadap tubuh buah <i>Ganoderma</i>	Uji <i>in vitro</i> & <i>field</i>	Kombinasi <i>allicin-based organic &amp; biofungicide</i> menghambat <i>mycelial growth &amp; fruiting bodies</i>	Perluasan pengendalian BSR dengan pendekatan gabungan
20	Khoo & Chong, 2023	<i>G. boninense</i> : karakteristik & kontrol	Review	Patogenesis, interaksi <i>host-microbe</i> , dan strategi kontrol	Memberi konteks umum BSR & strategi terbaru

No	Peneliti & Tahun	Judul / Fokus Studi	Metode	Temuan Utama	Relevansi
21	Cenobio-Galindo <i>et al.</i> , 2024	Biofungisida berbasis ekstrak tanaman	<i>Review</i>	Ekstrak tanaman efektif sebagai biofungisida	Relevan pendekatan alami ekstrak bioaktif
22	Chatri, 2018	Media organik untuk Trichoderma	Media organik untuk Trichoderma	Ampas tebu → pertumbuhan & daya hambat terbaik	Mendukung Trichoderma sebagai biokontrol

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai potensi asam siringat sebagai senyawa antifungi terhadap patogen tanaman, termasuk *G. boninense*, terus berkembang dan memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan agen biokontrol alami. Seluruh temuan pada Tabel 1 SLR mengindikasikan bahwa AS, sebagai bagian dari golongan fenolik aromatik, memiliki aktivitas biologis yang signifikan, terutama dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen dan memperkuat mekanisme pertahanan tanaman.

Berdasarkan telaah literatur dalam satu dekade terakhir, beberapa penelitian modern melaporkan aktivitas antijamur yang signifikan dari AS. Dua penelitian kunci yang menjadi dasar kuat adalah studi yang dilakukan oleh Hui Lim *et al.*, (2019) dan Rupaedah & Lutfia, (2023). Kedua studi tersebut menemukan bahwa AS hadir sebagai metabolit bioaktif dalam kultur bakteri antagonis *Pseudomonas aeruginosa*, yang diketahui mampu menghambat pertumbuhan berbagai patogen tanaman, termasuk *G. boninense*.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa endofit merupakan sumber metabolit bioaktif yang semakin banyak diteliti. Studi Singh *et al.*, (2017) dan Rupaedah & Lutfia, (2023) menunjukkan bahwa endofit mampu menghasilkan AS secara stabil pada kondisi kultur tertentu. Hal ini membuka peluang bagi pengembangan teknologi biokontrol berbasis mikroorganisme. Keunggulan endofit adalah kemampuannya untuk berkolonisasi dalam jaringan tanaman, sehingga metabolit antifungi yang dihasilkannya berpotensi memberikan efek perlindungan jangka panjang. Demikian pemanfaatan endofit penghasil AS dapat menjadi pendekatan yang lebih ramah

lingkungan dibandingkan fungisida sintesis.

Mekanisme molekuler asam siringat sebagai antijamur menunjukkan bahwa AS dapat menurunkan tegangan permukaan membran sterol dan meningkatkan permeabilitas membran. Mekanisme tersebut sesuai dengan teori bahwa AS berdsifat surfaktan yang dapat berinteraksi dengan lipid bilayer. Kerusakan membran oleh fenolik memicu keluarnya metabolit penting termasuk protein, enzim dan nutrisi sehingga jamur kehilangan kemampuan mempertahankan homeostatis. AS mampu men-denaturasi membran protein pada konsentrasi tinggi. Keterkaitan antara mekanisme dan bukti empiris uji in vitro menunjukkan bahwa AS memiliki efek antifungi.

Selain itu, temuan pada Tabel 1 juga diperkuat oleh kajian fenolik lain yang tidak secara langsung meneliti *G. boninense*, namun memiliki relevansi mekanistik yang tinggi. Teodoro *et al.*, (2015) melaporkan bahwa asam fenolat, termasuk asam siringat, mampu bertindak sebagai agen antifungi melalui beberapa mekanisme utama, yaitu merusak integritas membran sel, mengganggu proses metabolisme seluler, serta memicu terbentuknya stres oksidatif pada sel jamur. Pola kerja ini menunjukkan kesamaan dengan mekanisme antifungi yang ditemukan pada senyawa fenolik aromatik lainnya. Dengan demikian, meskipun penelitian tersebut dilakukan pada spesies jamur yang berbeda, kesesuaian jalur mekanisme biologisnya memberikan dasar ilmiah yang kuat bahwa asam siringat berpotensi menunjukkan aktivitas antifungi serupa terhadap *G. boninense*.

Tabel 1 juga menunjukkan penggunaan metode modern seperti *broth microdilution* oleh Anwar *et al.*, (2024) untuk menentukan MIC dan MFC senyawa bioaktif. Metode ini sangat relevan untuk penelitian AS karena dapat memberikan data kuantitatif yang akurat. Dibandingkan dengan metode zona hambat yang hanya memberikan indikasi kualitatif, uji MIC/MFC dapat menentukan konsentrasi efektif AS dalam menghambat atau mematikan sel jamur. Oleh karena itu, penelitian lanjutan mengenai AS perlu menggunakan pendekatan ini agar hasilnya dapat dibandingkan dengan senyawa antifungi lain.



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Kajian literatur selama 10 tahun terakhir menunjukkan bahwa asam siringat memiliki potensi besar sebagai senyawa antifungi yang relevan untuk pengendalian patogen tanaman, termasuk *G. boninense*. Mekanisme antifunginya meliputi kerusakan membran sel, induksi stres oksidatif, dan penghambatan pertumbuhan miselium—didukung oleh bukti empiris dari senyawa fenolik serta produksi alami AS oleh mikroorganisme endofit. Meskipun belum ada penelitian langsung yang menguji AS terhadap *G. boninense*, kesamaan karakteristik biokimia dengan fenolik lain yang telah terbukti efektif menjadikan AS kandidat kuat untuk dikembangkan sebagai biofungisida ramah lingkungan. Dengan demikian, AS dan endofit penghasilnya berpotensi menjadi alternatif penting dalam pengendalian penyakit tular tanah pada sistem pertanian berkelanjutan.

##### 4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efek asam siringat secara langsung terhadap *G. boninense* menggunakan metode MIC/MFC dan uji in planta, serta mengeksplorasi endofit lokal sebagai sumber biosintesisnya. Selain itu, pengembangan formulasi biofungisida berbasis asam siringat perlu dilakukan untuk memastikan efektivitas, kestabilan, dan aplikasinya di lapangan dalam sistem pengendalian hayati terpadu.

#### 5. REFERENSI

- Anwar, I., Malinal, R., & Hartasyah, W. (2024). Antifungal Activity Testing of Extract and Fractions from *Tectona grandis* Linn. F Leaves Using the Microdilution Method. In *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology Journal Homepage* (Vol. 6, Issue 2).
- Asis, J. (2025). In Planta Efficacy Of Local *Trichoderma* Isolates and Selected Commercial Biological Agents Against *Ganoderma boninense* in Oil Palm. *Journal of Oil Palm Research*.
- Azmi, A. N. N., Bejo, S. K., Jahari, M., Muharam, F. M., Yule, I., & Husin, N. A. (2020). Early detection of *Ganoderma boninense* in oil palm seedlings using support vector machines. *Remote Sensing*, 12(23), 1–21.

- Cenobio-Galindo, A. de J., Hernández-Fuentes, A. D., González-Lemus, U., Zaldívar-Ortega, A. K., González-Montiel, L., Madariaga-Navarrete, A., & Hernández-Soto, I. (2024). Biofungicides Based on Plant Extracts: On the Road to Organic Farming. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 25, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Chatri, M. (2018). Pengaruh Media (Campuran Beras Dan Ampas Tebu) terhadap Pertumbuhan *Trichoderma harzianum* dan Daya Hambatnya terhadap *Fusarium oxysporum* secara In vitro. *Bioscience*, 2(1), 50.
- Dahang, D., Parulian Nainggolan, L., Sembiring, R., Sembiring, S., Tarigan, S., Rajagukguk, B. H., & Karo, S. B. (2021). Pengendalian Penyakit Ganoderma Pada Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Jamur Endofitik Hendersonia. 5(2), 548–559.
- Darlis, D., Jalloh, M. B., Chin, C. F. S., Basri, N. K. M., Besar, N. A., Ahmad, K., & Rakib, M. R. M. (2023). Exploring the potential of Bornean polypore fungi as biological control agents against pathogenic *Ganoderma boninense* causing basal stem rot in oil palm. *Scientific Reports*, 13(1).
- Dembińska K, S. A. P. M. R. A. S. B. M. (2025). The Application of Natural Phenolic Substances as Antimicrobial Agents in Agriculture and Food Industry. *Foods*, 11(1893).
- Elshafie, H. S., & Camele, I. (2022). Rhizospheric Actinomycetes Revealed Antifungal and Plant-Growth-Promoting Activities under Controlled Environment. *Plants*, 11(14).
- Flood, J., Bridge, P. D., & Pilotti, C. A. (2022). Basal stem rot of oil palm revisited. *Annals of Applied Biology*, 181(2), 160–181.
- Hui Lim, P., Azlan Gansau, J., & Phin Chong, K. (2019). *Biocontrol Of Basal Stem Rot Pathogen Ganoderma boninense By Pseudomonas aeruginosa* (Vol. 48, Issue 2).
- Hushiarian, R., Yusof, N. A., & Dutse, S. W. (2013). Detection and control of *Ganoderma boninense*: Strategies and perspectives. In *SpringerPlus* (Vol. 2, Issue 1, pp. 1–12). SpringerOpen.
- Hutomo, P. P., Abadi, A. L., & Syib'li, M. A. (2025). Antagonistic Effectiveness of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma virens* Filtrates Against *Ganoderma boninense* and Metabolite Characterization Using FTIR. *Research Journal of Life Science*, 12(1), 1–11.
- Irma, A., Meryandini, A., & Rupaedah, B. (2018). Biofungicide producing bacteria: An in vitro inhibitor of *Ganoderma boninense*. *Hayati Journal of Biosciences*, 25(4), 151–159.
- Jazuli, N. A., Kamu, A., Chong, K. P., Gabda, D., Hassan, A., Abu Seman, I., & Ho, C. M. (2022). A Review of Factors Affecting Ganoderma Basal Stem Rot Disease Progress in Oil Palm. In *Plants* (Vol. 11, Issue 19). MDPI.
- Jee Wei Ren. (2017). *The Effectiveness of Selected Phenolic Acids Against Ganoderma boninense And Its Effects To Soil Microbial Community*.
- Khoo, Y. W., & Chong, K. P. (2023). *Ganoderma boninense*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 14). Frontiers Media SA.
- Kusmawanto, A., Himawan, A., Kristalisasi, E. N., Paing, A., Village, B. S., Utara, K. R.,

- Labuhan Batu, K., Village, A. J., & Selatan, K. R. (2022). Antagonist Test of *Trichoderma harzianum* Against *Ganoderma boninense* Causes of Oil Palm Basal Stem Rot Disease. *Journal of Agriculture (JoA)*.
- Mercière, M., Boulord, R., Carasco-Lacombe, C., Klopp, C., Lee, Y. P., Tan, J. S., Syed Alwee, S. S. R., Zaremski, A., De Franqueville, H., Breton, F., & Camus-Kulandaivelu, L. (2017). About *Ganoderma boninense* in oil palm plantations of Sumatra and peninsular Malaysia: Ancient population expansion, extensive gene flow and large scale dispersion ability. *Fungal Biology*, 121(6–7), 529–540.
- Muhammad, A., Shaf, A., Nugroho, T. T., & Puspita, F. (2021). Study of Granular Biofungicide Formulation with the Active Ingredient of *Trichoderma virens* Endofit to Control *Ganoderma boninense* Pat in Oil Palm Nurseries (*Elaeis guineensis* Jacq.). In *Jurnal Dinamika Pertanian: Vol. XXXVII*.
- Munthe, K. P. S. M., & Dahang, D. (2018). Hosting of Hendersonia against *Ganoderma* (*Ganoderma boninense*) disease in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 5(3), 46–50.
- Nasution, P. D., & B Damanik, M. M. (2016). Survey dan Pemetaan Status Hara K dan C-Organik Pada Lahan Kelapa Sawit yang Terserang *Ganoderma* di PT. PD PATI Kabupaten Aceh Tamiang Surveying and Mapping K Nutrient Status and C-Organic on Oil Palm Plantations were Attacked by *Ganoderma* in PT. In *Jurnal Agroekoteknologi. E-ISSN* (Vol. 4, Issue 4).
- Rahmana, B. A., Hayata, H., & Hartawan, R. (2024). Intensitas Serangan Jamur *Ganoderma* sp Pada Perkebunan Kelapa Sawit Lahan Mineral dan Lahan Pasang Surut. *Jurnal Media Pertanian*, 9(2), 148.
- Rodríguez-Valdovinos, K. Y., Salgado-Garciglia, R., Hernández-García, A., Saavedra-Molina, A., del Río-Torres, R. E. N., López-Meza, J. E., Monribot-Villanueva, J. L., Guerrero-Analco, J. A., & Medina-Medrano, J. R. (2024). Antioxidant and Antifungal Activities and Characterization of Phenolic Compounds Using Ultra-High Performance Liquid Chromatography and Mass Spectrometry (UPLC-MS) of Aqueous Extracts and Fractions from *Verbesina sphaerocephala* Stems. *Plants*, 13(19).
- Rupaedah, B., & Lutfia, A. (2023). Bioteknologi & Biosains Indonesia Syringic Acid And Phenazine Produced By An Endophytic *Pseudomonas aeruginosa* Strain G-111-0317 And Their Activities Against *Ganoderma boninense* (Vol. 10).
- Sahebi, M., Hanafi, M. M., Siti Nor Akmar, A., Rafii, M. Y., Azizi, P., & Idris, A. S. (2015). Serine-rich protein is a novel positive regulator for silicon accumulation in mangrove. *Gene*, 556(2), 170–181.
- Saragih, W. S., Purba, E., & Tampubolon, K. (2019). Analisis Hara Cu dan Zn pada Vegetasi Gulma sebagai Penanda Keberadaan Jamur *Ganoderma* dari Kebun Kelapa Sawit. Analysis of Cu and Zn nutrient on weed vegetation as a marker of the presence of *Ganoderma* fungi from oil palm estate (Vol. 7, Issue 3).
- Siddiqui, Y., Surendran, A., Paterson, R. R. M., Ali, A., & Ahmad, K. (2021). Current strategies and perspectives in detection and control of basal stem rot of oil palm. In *Saudi*
- Simonetti, G., Brasili, E., & Pasqua, G. (2020). Antifungal Activity of Phenolic and

- Polyphenolic Compounds from Different Matrices of *Vitis vinifera* L. Against Human Pathogens. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 16). MDPI AG.
- Singh, M., Kumar, A., Singh, R., & Pandey, K. D. (2017). Endophytic bacteria: a new source of bioactive compounds. In *3 Biotech* (Vol. 7, Issue 5). Springer Verlag.
- Teodoro, G. R., Ellepola, K., Seneviratne, C. J., & Koga-Ito, C. Y. (2015). Potential use of phenolic acids as anti-Candida agents: A review. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 6, Issue DEC). Frontiers Media S.A.
- Widiantini, F., Nugraha, G. T., Yulia, E., & Nasahi, C. (2024). Antagonistic Effects of Bacterial Rhizosphere of Oil Palm in Biocontrol of Basal Stem Rot Disease (*Ganoderma boninense* Pat.). *Hayati Journal of Biosciences*, *31*(6), 1071–1081.
- Widiastuti, H., Eris, D. D., & Santoso, D. (2017). Potensi fungisida organik untuk pengendalian *Ganoderma* pada tanaman kelapa sawit [Potency of organic fungicide to control *Ganoderma* sp. of oil palm]. *E-Journal Menara Perkebunan*, *84*(2).
- Widiastuti, H., Ismayani Fuad, D., & Santoso, D. (2019). Effect of Organic and Biological Fungicides on the Development of *Ganoderma* Fruiting Bodies. *8*(2), 2025.
- Yohan Yogaswara, Radix Suharjo, Suskandini Ratih, & Cipta Ginting. (2020). Ability Test Of *Trichoderma* spp. Isolate As Antagonist of *Ganoderma boninense* And Plant Growth Promoting Fungi (*PGPF*) (Vol. 8, Issue 2).