



## Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)

Available online <http://jurnalmahasiswa.uma.ac.id/index.php/jiperta>

Diterima: 10 April 2025; Direview: 14 April 2025; Disetujui: 26 Mei 2025

### Eksplorasi dan Seleksi Cendawan Endofit Pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Quineensis* Jacq) yang Berpotensi Sebagai Entomopatogen

### *Exploration and Selection of Endophytic Fungi in Oil Palm Plants (*Elaeis Quineensis* Jacq) with Potential as Entomopathogens*

Lil Sapnur Aspin Siregar & Indri Yanil Vajri

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area, Indonesia

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menyeleksi cendawan endofit dari tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) yang berpotensi sebagai entomopatogen terhadap serangga hama. Cendawan endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit, namun beberapa spesies diketahui mampu menginfeksi serangga dan bertindak sebagai agen pengendali hayati. Penelitian dilakukan melalui isolasi cendawan dari akar, batang, dan daun kelapa sawit sehat yang diperoleh dari perkebunan PTPN III Silau Dunia, Sumatra Utara. Sebanyak 120 isolat berhasil diidentifikasi dari 8 genus, dengan *Fusarium oxysporum* menjadi spesies dominan. Uji patogenisitas terhadap larva *Tenebrio molitor* menunjukkan bahwa beberapa isolat memiliki aktivitas entomopatogenik tinggi, dengan tingkat mortalitas mencapai 90% pada konsentrasi  $20 \times 10^6$  konidia/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa cendawan endofit memiliki potensi besar sebagai bioinsektisida alami dalam pengendalian hama kelapa sawit. Pemanfaatan agen hayati ini diharapkan dapat menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Cendawan Endofit; Kelapa Sawit; Entomopatogen; Pengendalian Hayati; Hama.

#### Abstract

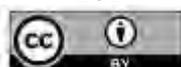
This study aims to explore and select endophytic fungi from oil palm plants (*Elaeis guineensis* Jacq) which have the potential to be entomopathogenic to insect pests. Endophytic fungi are microorganisms that live in plant tissues without causing symptoms of disease, but some species are known to be able to infect insects and act as biological control agents. The research was carried out through the isolation of mushrooms from healthy oil palm roots, stems, and leaves obtained from PTPN III Silau Dunia's plantation, North Sumatra. A total of 120 isolates were successfully identified from 8 genera, with *Fusarium oxysporum* being the dominant species. Pathogenicity tests on *Tenebrio molitor* larvae showed that some isolates had high entomopathogenic activity, with mortality rates reaching 90% at concentrations of  $20 \times 10^6$  conidia/mL. These results suggest that endophytic fungi have great potential as a natural bioinsecticide in oil palm pest control. The use of biological agents is expected to be an effective and environmentally friendly alternative in supporting sustainable agricultural systems.

**Keywords:** endophytic mushrooms; Oil palm; Entomopathogens; Biological Control; Pests.

**How to Cite:** Siregar, L, S, A., & Vajri, I, Y. (2025). Eksplorasi dan Seleksi Cendawan Endofit Pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Quineensis* Jacq) yang Berpotensi Sebagai Entomopatogen. *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 7(1): 160-168,

\*E-mail: [indriyanilvajri@staff.uma.ac.id](mailto:indriyanilvajri@staff.uma.ac.id)

ISSN 2722-0338 (Online)



## PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu sektor pertanian strategis yang memberikan kontribusi besar bagi perekonomian negara-negara tropis, terutama Indonesia dan Malaysia (Azzahro et al., 2022; Tarigan et al., 2021). Sebagai komoditas ekspor unggulan, kelapa sawit memiliki peran vital dalam mendukung pendapatan negara, membuka lapangan kerja, dan menjadi sumber bahan baku bagi berbagai industri hilir seperti pangan, kosmetik, dan bioenergi (Purnomo et al., 2020). Namun demikian, dalam praktik budidayanya, kelapa sawit menghadapi berbagai tantangan agronomis, terutama serangan hama serangga seperti *Oryctes rhinoceros* (kumbang tanduk) dan *Metisa plana* (ulat api), yang secara signifikan menurunkan produktivitas dan meningkatkan biaya produksi.

Untuk mengatasi masalah hama, sebagian besar perkebunan kelapa sawit masih sangat bergantung pada penggunaan pestisida kimia (Fitriana et al., 2022; Hardiansyah et al., 2022; Pusat Penelitian Kelapa Sawit., 2008). Meskipun penggunaannya seringkali memberikan hasil cepat dan efektif, pestisida sintetik memiliki berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Residunya dapat mencemari tanah dan air, mengganggu keseimbangan ekosistem mikroba, serta memicu resistensi pada hama sasaran (Ryadin et al., 2022). Selain itu, penggunaan pestisida dalam jangka panjang juga menurunkan biodiversitas tanah dan merusak struktur ekologi yang penting bagi keberlanjutan pertanian (Shahid & Khan, 2022).

Dalam konteks ini, solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan perlu dikembangkan, salah satunya adalah pendekatan biologis melalui pemanfaatan agen hayati. Salah satu agen hayati yang saat ini mendapat perhatian adalah cendawan endofit (Herdatiarni, 2014; Salfina & Chatri, 2024). Cendawan endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit. Mereka berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik, serta beberapa spesiesnya diketahui memiliki aktivitas entomopatogenik, yaitu kemampuan untuk menginfeksi dan membunuh serangga hama (Jaber & Ownley, 2018).

Cendawan entomopatogen seperti *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Lecanicillium lecanii* telah lama digunakan sebagai agen biokontrol terhadap serangga, namun umumnya diperoleh dari isolat tanah (Afifah et al., 2022; Priyatno et al., 2016; Solichah et al., 2022). Belakangan ini, perhatian mulai bergeser pada cendawan endofit karena kemampuannya beradaptasi dengan jaringan tanaman inang, memberikan perlindungan sistemik, dan tidak memerlukan aplikasi berulang seperti pestisida. Selain itu, cendawan endofit cenderung lebih stabil terhadap perubahan lingkungan, memiliki siklus hidup yang sesuai dengan tanaman inang, dan mampu memperluas jangkauan pengendalian ke dalam jaringan tanaman tempat mereka berkolonisasi (Milawati Lalla & others, 2022).

Eksplorasi terhadap cendawan endofit pada kelapa sawit masih tergolong terbatas, padahal setiap tanaman memiliki mikrobioma spesifik yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, tanah, dan interaksi dengan organisme lain. Dalam konteks kelapa sawit, isolasi cendawan endofit yang berpotensi sebagai entomopatogen memberikan peluang untuk mengembangkan strategi pengendalian hayati yang lebih efektif dan kontekstual dengan ekosistem perkebunan tropis. Dibandingkan dengan pendekatan konvensional, penggunaan agen hayati seperti cendawan endofit dapat mengurangi risiko pencemaran, menurunkan biaya pengendalian jangka panjang, dan meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian.

Beberapa studi telah dilakukan untuk mengungkap potensi cendawan endofit dalam berbagai konteks. Sujarit et al. (2020) mengevaluasi isolat endofit dari kelapa sawit dan menunjukkan kemampuannya menghambat *Ganoderma* spp., patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang. Penelitian Sirait et al. (2023) mengungkap keragaman genetik cendawan

entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dari tanah kelapa sawit menggunakan penanda RAPD. Hasilnya memperlihatkan potensi keanekaragaman isolat lokal untuk dikembangkan sebagai biopestisida. Sementara itu, Russo et al. (2021) menemukan bahwa isolat endofit dari jagung manis tidak memiliki aktivitas entomopatogen terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura*), menandakan pentingnya seleksi spesifik berdasarkan inang dan lokasi. Wang et al. (2024) menunjukkan bahwa media perbanyakan memengaruhi efikasi *Metarhizium rileyi* dalam mengendalikan *Tribolium castaneum*.

Penelitian mengenai cendawan endofit dari kelapa sawit yang berpotensi sebagai entomopatogen terhadap serangga hama masih sangat terbatas, karena sebagian besar studi hanya berfokus pada aktivitas antagonistik terhadap patogen tanaman atau uji *in vitro* tanpa konfirmasi biologis. Padahal, keberhasilan pemanfaatan cendawan endofit sangat dipengaruhi oleh kecocokan fisiologis dengan jaringan inang dan kondisi lingkungan tropis yang belum banyak diteliti. Oleh karena itu, eksplorasi dan seleksi isolat secara sistematis sangat penting untuk mengidentifikasi spesies dominan, kemampuan kolonisasi, serta aktivitas entomopatogenik terhadap hama utama kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi, mengidentifikasi, dan menguji efektivitas cendawan endofit sebagai agen pengendali hayati, sehingga dapat berkontribusi dalam pengembangan strategi pengendalian hama yang ramah lingkungan dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Juni–Agustus 2023 di Laboratorium Penelitian Universitas Medan Area dan lahan kelapa sawit PTPN III Silau Dunia, Kabupaten Serdang Bedagai. Sampel akar, batang, dan pelepah kelapa sawit sehat diambil menggunakan metode purposive random sampling. Permukaan jaringan disterilisasi menggunakan alkohol 70%, NaOCl 2%, dan akuades steril, lalu ditanam pada media SDAY (*Sabouraud Dextrose Agar Yeast*) yang mengandung kloramfenikol 500 mg/L. Cendawan yang tumbuh diinkubasi 5–7 hari pada suhu 25–30°C. Koloni dengan morfologi berbeda dipindah ke media baru hingga diperoleh isolat murni. Larva instar V *Tenebrio molitor* digunakan sebagai serangga uji. Larva dikontakkan dengan isolat cendawan selama 24 jam, lalu dipelihara selama 7 hari untuk mengamati mortalitas dan sporulasi. Rancangan yang digunakan adalah RAL dengan 4 ulangan. Kontrol menggunakan media tanpa inokulasi cendawan.

Identifikasi morfologis dilakukan dengan mengacu pada protokol Barnett & Hunter (Fletcher et al., 1999), meliputi pengamatan makroskopis (warna, tepi, elevasi koloni) dan mikroskopis (bentuk konidia dan konidiofor) menggunakan mikroskop binokuler. Suspensi spora juga disiapkan dari isolat tunggal. Parameter meliputi: (1) tingkat kolonisasi endofit (%), (2) mortalitas larva dan sporulasi, (3) pertumbuhan koloni (diameter cm setiap 2 hari selama 6 hari), dan (4) daya kecambah konidia (%), berdasarkan pengamatan 100 konidia dengan mikroskop (400x).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keanekaragaman Cendawan Endofit pada Kelapa Sawit

Keanekaragaman cendawan endofit pada kelapa sawit merujuk pada variasi jenis jamur yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit. Cendawan endofit memiliki peran penting dalam ekosistem kelapa sawit, terutama dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen, membantu penyerapan nutrisi, serta memproduksi senyawa bioaktif yang bermanfaat.

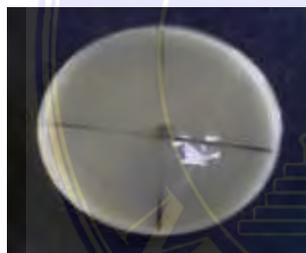
**Lil Sapnur Aspin Siregar & Indri Yanil Vajri**, Eksplorasi dan Seleksi Cendawan Endofit Pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elais Quineensis* Jacq) yang Berpotensi Sebagai Entomopatogen

Pada penelitian ini, telah berhasil diisolasi sebanyak 120 isolat cendawan endofit dari jaringan akar, batang, dan daun kelapa sawit. Cendawan yang teridentifikasi terdiri dari 8 genus dan 12 spesies, dengan variasi distribusi di setiap bagian tanaman.

**Tabel 1. jumlah dan jenis cendawan yang berhasil diisolasi dari masing-masing jaringan tanaman kelapa sawit**

No	Genus	Spesies	Akar	Batang	Daun	Total
1	Fusarium	Fusarium oxysporum	10	8	5	23
2	Colletotrichum	Colletotrichum gloeosporioides	6	7	4	17
3	Aspergillus	Aspergillus niger	5	6	7	18
4	Trichoderma	Trichoderma harzianum	8	5	3	16
5	Penicillium	Penicillium sp.	7	6	4	17
6	Curvularia	Curvularia lunata	6	4	5	15
7	Chaetomium	Chaetomium globosum	3	2	6	11
8	Alternaria	Alternaria alternata	4	3	6	13
<b>Total</b>			49	41	40	120

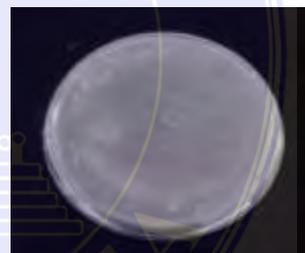
Berdasarkan hasil isolasi, diketahui bahwa *Fusarium oxysporum* adalah spesies yang paling dominan dengan jumlah 23 isolat (19,2%), diikuti oleh *Aspergillus niger* dengan 18 isolat (15,0%) dan *Colletotrichum gloeosporioides* serta *Penicillium sp.* masing-masing sebanyak 17 isolat (14,2%). Persentase dominasi spesies cendawan endofit dalam jaringan kelapa sawit ditampilkan pada Gambar 1.



Fusarium Oxysporum



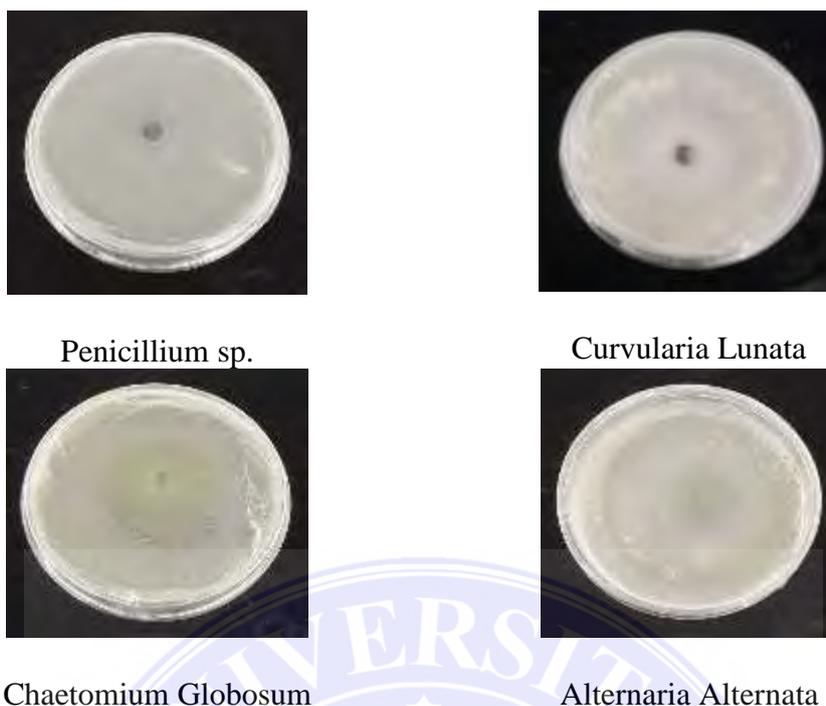
Aspergillus Niger



Colletotrichum gloeosporioides



Trichoderma Harzianum



**Gambar 1: Jenis cendawan endofit pada tanaman kelapa sawit**

Gambar 1 menunjukkan bahwa *Fusarium oxysporum* mendominasi jaringan akar dan batang, sementara *Aspergillus niger* lebih banyak ditemukan pada daun. Keberadaan *Fusarium oxysporum* yang tinggi dapat dikaitkan dengan peranannya sebagai patogen laten atau sebagai bagian dari mikrobiota alami akar yang mempengaruhi kesehatan tanaman. Keanekaragaman cendawan endofit dalam penelitian ini mengindikasikan adanya potensi manfaat bagi kelapa sawit, baik sebagai agen biokontrol alami maupun sebagai sumber bioaktif yang dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian dan bioteknologi.

**Potensi Cendawan Endofit pada Tanaman Kelapa Sawit sebagai Entomopatogen**

Uji patogenisitas dilakukan untuk mengetahui efektivitas cendawan endofit sebagai entomopatogen terhadap hama target kelapa sawit. Pengamatan dilakukan selama 7 hari pasca aplikasi dengan mencatat jumlah larva yang mengalami kematian. Berikut adalah hasil mortalitas larva setelah diberikan perlakuan dengan berbagai konsentrasi spora cendawan.

**Tabel 2. Persentase Mortalitas Larva setelah Perlakuan Cendawan Endofit**

Konsentrasi Spora (x10 <sup>6</sup> konidia/mL)	Jumlah Larva (N)	Larva Mati (n)	Mortalitas (%)
1	20	5	25
5	20	10	50
10	20	15	75
20	20	18	90
Kontrol (tanpa perlakuan)	20	2	10

Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi spora cendawan yang diberikan, semakin tinggi tingkat mortalitas larva. Konsentrasi 20 x10<sup>6</sup> konidia/mL menunjukkan mortalitas tertinggi sebesar 90%, sedangkan kontrol tanpa perlakuan hanya mencapai 10%. Hal ini menunjukkan bahwa cendawan endofit memiliki potensi sebagai entomopatogen yang efektif terhadap hama kelapa sawit.

**Lil Sapnur Aspin Siregar & Indri Yanil Vajri**, Eksplorasi dan Seleksi Cendawan Endofit Pada Tanaman Kelapa Sawit (Elais Quineensis Jacq) yang Berpotensi Sebagai Entomopatogen

Mekanisme infeksi cendawan entomopatogen terhadap serangga hama melibatkan beberapa tahap utama, yaitu:

1. Adhesi dan Penetrasi Spora cendawan menempel pada kutikula serangga dan mulai mengeluarkan enzim hidrolitik seperti kitinase, protease, dan lipase untuk melarutkan lapisan kutikula.
2. Pertumbuhan dan Invasi Setelah menembus kutikula, cendawan berkembang dalam hemolimfa serangga, menghasilkan hifa yang menyebar ke jaringan tubuh serangga.
3. Produksi Toksin Beberapa spesies cendawan entomopatogen menghasilkan toksin seperti beauvericin dan destruxin yang dapat merusak sistem saraf dan menghambat metabolisme serangga, menyebabkan kematian.
4. Mortalitas Serangga Kombinasi kerusakan mekanis dan produksi toksin menyebabkan serangga mengalami dehidrasi, kehilangan kontrol motorik, dan akhirnya mati. Pada tahap akhir, tubuh serangga yang mati akan ditumbuhi miselium cendawan yang berfungsi menyebarkan lebih banyak spora ke lingkungan.

Hasil ini menunjukkan bahwa cendawan endofit memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai agen biokontrol hama kelapa sawit.

### **Implikasi terhadap Pengendalian Hayati**

Pemanfaatan cendawan endofit dalam sistem pengendalian hama berbasis mikroba memiliki prospek yang menjanjikan dalam sektor pertanian, khususnya dalam pengelolaan hama kelapa sawit. Keberadaan berbagai jenis cendawan endofit yang ditemukan dalam jaringan akar, batang, dan daun menunjukkan bahwa mikroorganisme ini dapat berperan tidak hanya sebagai bagian dari mikrobiota alami tanaman, tetapi juga sebagai agen potensial dalam pengendalian hayati. *Fusarium oxysporum* yang paling dominan dalam jaringan tanaman, meskipun dikenal sebagai patogen, dapat memiliki strain yang bermanfaat bagi tanaman dalam konteks biokontrol. Selain itu, spesies lain seperti *Aspergillus niger*, *Colletotrichum gloeosporioides*, dan *Penicillium* sp. juga memiliki potensi dalam interaksi simbiotik yang mendukung ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan patogen.

Hasil uji patogenisitas terhadap larva hama kelapa sawit mengindikasikan bahwa cendawan endofit dapat bertindak sebagai entomopatogen yang efektif. Mortalitas larva yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi spora menunjukkan bahwa cendawan ini memiliki mekanisme infeksi yang kuat terhadap serangga hama. Proses adhesi, penetrasi, pertumbuhan, produksi toksin, hingga akhirnya menyebabkan kematian serangga menunjukkan bahwa cendawan endofit bekerja secara sistematis dalam menginfeksi dan mengendalikan populasi hama. Efektivitas yang tinggi pada konsentrasi  $20 \times 10^6$  konidia/mL dengan tingkat mortalitas mencapai 90% menunjukkan bahwa formulasi berbasis cendawan endofit dapat dikembangkan sebagai bioinsektisida alami yang ramah lingkungan.

Dalam perspektif pengendalian hayati, pemanfaatan cendawan endofit sebagai agen mikroba memiliki beberapa keuntungan dibandingkan pestisida kimia konvensional. Selain mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, pendekatan ini juga dapat mengurangi kemungkinan resistensi hama terhadap insektisida. Cendawan endofit yang telah teradaptasi secara alami dalam jaringan tanaman berpotensi memberikan perlindungan yang lebih berkelanjutan karena memiliki kemampuan kolonisasi yang baik di dalam tanaman. Selain itu, interaksi kompleks antara cendawan endofit dengan mikrobiota lain di dalam tanaman dapat meningkatkan ketahanan terhadap berbagai tekanan biotik dan abiotik.

### **SIMPULAN**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit memiliki keanekaragaman cendawan endofit yang tinggi, dengan 120 isolat dari 8 genus dan 12 spesies yang berhasil diisolasi dari jaringan akar, batang, dan daun. Dominasi *Fusarium oxysporum* dan keberadaan spesies lain seperti *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., dan *Trichoderma harzianum* menunjukkan potensi interaksi biologis yang dapat mendukung ketahanan tanaman. Hasil uji patogenisitas terhadap larva *Tenebrio molitor* mengungkapkan bahwa beberapa isolat endofit mampu menyebabkan mortalitas tinggi pada larva, terutama pada konsentrasi  $20 \times 10^6$  konidia/mL, dengan tingkat kematian mencapai 90%. Hal ini mengindikasikan bahwa cendawan endofit tidak hanya berperan dalam meningkatkan kesehatan tanaman, tetapi juga berpotensi kuat sebagai agen pengendali hayati terhadap serangga hama.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi pengendalian hama kelapa sawit yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan melalui pemanfaatan cendawan endofit. Keunggulan cendawan endofit terletak pada kemampuannya berkolonisasi dalam jaringan tanaman dan memberikan perlindungan sistemik tanpa perlu aplikasi berulang seperti halnya pestisida kimia. Penggunaan agen hayati ini tidak hanya membantu menekan dampak negatif pestisida terhadap ekosistem, tetapi juga membuka peluang untuk membangun sistem pertanian kelapa sawit yang lebih adaptif dan resilient terhadap tantangan biotik di era perubahan iklim.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L., Afifah, D. M., Surjana, T., Kurniati, A., Maryana, R., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Besar, B., & Organisme, P. (2022). Produksi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* menggunakan substrat kaya pati dan infektifitasnya terhadap *Tribolium castaneum*. *Ilmu Dasar*, 23(2), 139–148.
- Azzahro, H. U., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2022). penerapan produksi bersih pada industri kelapa sawit di PT YZ. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(1), 1–11.
- Fitriana, D., Yuliasih, D., & Santoso, E. (2022). Efektivitas *Beauveria bassiana* Isolat Lokal terhadap Hama Ulat Kantong di Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Perlindungan Tanaman Tropika*, 25(1), 12–21.
- Fletcher, M. R., Hunter, K., Barnett, E. A., & Sharp, E. A. (1999). *Pesticide poisoning of animals 1998: investigations of suspected incidents in the United Kingdom. A Report of the Environmental Panel of the Advisory Committee on Pesticides.*
- Hardiansyah, R., Walida, H., Dalimunthe, B. A., & Harahap, F. S. (2022). PENGENDALIAN HAMA KUMBANG TANDUK (*Oryctes rhinoceros* L) DENGAN PEMANFAATAN SARI BUAH NANAS DAN AIR NIRA SEBAGAI PERANGKAP FEROTRAP ALTERNATIF DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAHAN TANI JAYA ROKAN HILIR. In *Jurnal Agro Estate* (Vol. 6, Issue 1, pp. 1–8). <https://doi.org/10.47199/jae.v6i1.228>
- Herdatiarni, H. (2014). Patogenisitas cendawan *Beauveria bassiana* terhadap *Spodoptera litura* pada berbagai umur larva. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 14(2), 88–94.
- 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>
- Milawati Lalla, S. P., & others. (2022). *Biostimulan untuk tanah dan tanaman*. Penerbit Qiara Media.
- Priyatno, T. P., Samudra, I. M., Manzila, I., Susilowati, D. N., & Suryadi, Y. (2016). Eksplorasi Dan Karakterisasi Entomopatogen Asal Berbagai Inang Dan Lokasi [Exploration and Characterization of Entomopathogenic From Various Host and Location]. *Berita Biologi*, 15(1), 64560.
- Purnomo, H., Okarda, B., Dermawan, A., Ilham, Q. P., Pacheco, P., Nurfatriani, F., & Suhendang, E. (2020). Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach. *Forest Policy and Economics*, 111, 102089. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102089>
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. (2008). Teknologi Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit: Siap Pakai dan Ramah Lingkungan. [http://www.pustakadepan.go.id/Publik\\_Asi/Wr271058.Pdf](http://www.pustakadepan.go.id/Publik_Asi/Wr271058.Pdf). Diakses 14 Desember 2021. <http://www.pustakadepan.go.id/publikasi/wr271058.pdf>
- Russo, M. L., Jaber, L. R., Scorsetti, A. C., Vianna, F., Cabello, M. N., & Pelizza, S. A. (2021). Effect of entomopathogenic fungi introduced as corn endophytes on the development, reproduction, and

**Lil Sapnur Aspin Siregar & Indri Yanil Vajri**, Eksplorasi dan Seleksi Cendawan Endofit Pada Tanaman Kelapa Sawit (Elais Quineensis Jacq) yang Berpotensi Sebagai Entomopatogen

food preference of the invasive fall armyworm Spodoptera frugiperda. *Journal of Pest Science*, 94(3), 859–870. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01302-x>

- Ryadin, A. R., Janz, D., Schneider, D., Tjoa, A., Irawan, B., Daniel, R., & Polle, A. (2022). Early Effects of Fertilizer and Herbicide Reduction on Root-Associated Biota in Oil Palm Plantations. *Agronomy*, 12(1), 199. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010199>
- Salfina, S. P., & Chatri, M. (2024). Pemanfaatan Cendawan Entomopatogen Beauveria bassiana Untuk Mengendalikan Hama: Literature Review. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(1), 230–240.
- Shahid, M., & Khan, M. S. (2022). Ecotoxicological implications of residual pesticides to beneficial soil bacteria: A review. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 188, 105272. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105272>
- Sirait, D. D. N., Tobing, M. C., & Safni, I. (2023). Keragaman genetik cendawan entomopatogen Metarhizium anisopliae (Metsch.) berasal dari tanah pertanaman kelapa sawit berdasarkan penanda RAPD. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(1), 22–39. <https://doi.org/10.5994/jei.20.1.22>
- Solichah, C., Poerwanto, M. E., & Wicaksono, D. (2022). *Jamur Metarhizium sebagai agen hayati pengendali hama tanaman*.
- Sujarit, K., Pathom-aree, W., Mori, M., Dobashi, K., Shiomi, K., & Lumyong, S. (2020). Streptomyces palmae CMU-AB204T, an antifungal producing-actinomycete, as a potential biocontrol agent to protect palm oil producing trees from basal stem rot disease fungus, Ganoderma boninense. *Biological Control*, 148, 104307. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104307>
- Tarigan, S., Siregar, M. A., & Siahaan, E. (2021). Model Manajemen Strategi CSR dalam Industri Kelapa Sawit Berkelanjutan (PTPN IV Unit Usaha Adolina). *AGRISAINS: Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis*, 3(1), 31–44. <https://doi.org/10.31289/agrisains.v3i1.413>
- Wang, G., Zhang, X., Chen, B., & Peng, Y. (2024). Construction of an Efficient Agrobacterium tumefaciens-Based Transformation System in the Entomopathogenic fungus Metarhizium rileyi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(39), 21711–21719. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c05535>

