



Isolasi, Identifikasi, dan Uji Efektivitas Metabolit Sekunder Bakteri Endofit Sembung (*Blumea balsamifera*) Sebagai Biopestisida Terhadap Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

Radina I. Timumun¹, Harista Agustina², Ani M. Hasan³, Wirnangsi D. Uno⁴, Yuliana Retnowati⁵

¹²³⁴⁵Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, dinaatimumun@gmail.com

Submitted: 08-01-2026, Reviewed: 10-01-2026, Accepted: 14-01-2026

Abstract

Blumea balsamifera contains bioactive metabolites that are presumed to support the presence of endophytic bacteria capable of producing secondary metabolites with pesticidal potential, making this plant a promising source of eco-friendly biopesticides. This study aimed to isolate and identify endophytic bacteria associated with *B. balsamifera* and to evaluate the insecticidal activity of their secondary metabolites against *Bemisia tabaci*. Endophytic bacteria were isolated using the Direct Planting and Grinding methods, followed by purification, Gram staining, and metabolite production through liquid culture in Luria-Bertani (LB) medium. The isolated strain was identified as a Gram-negative, short rod-shaped bacterium producing a yellowish supernatant, which was successfully extracted using ethyl acetate to obtain an extracellular metabolite fraction. Toxicity bioassays revealed a clear dose-response pattern, with 24-hour mortality of *B. tabaci* increasing from 55.00% at 35% concentration to 80.00% at 75% concentration. Probit analysis yielded an LC_{50} value of 1500.95, while LT_{50} decreased significantly from 42.26 hours to 15.87 hours as metabolite concentration increased. These findings confirm that endophytic bacteria isolated from *B. balsamifera* are capable of producing secondary metabolites effective in suppressing *B. tabaci* populations, highlighting their strong potential for development as environmentally friendly plant-based biopesticides.

Keywords: biopesticide, *Blumea balsamifera*, endophytic bacteria, secondary metabolites, *Bemisia tabaci*

Abstrak

Blumea balsamifera mengandung metabolit bioaktif yang diduga mendukung keberadaan bakteri endofit yang mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan potensi pestisida, menjadikan tanaman ini sebagai sumber biopestisida ramah lingkungan yang menjanjikan. Studi ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit yang berasosiasi dengan *B. balsamifera* dan untuk mengevaluasi aktivitas insektisida metabolit sekundernya terhadap *Bemisia tabaci*. Bakteri endofit diisolasi menggunakan metode Penanaman Langsung dan Penggilingan, diikuti dengan pemurnian, pewarnaan Gram, dan produksi metabolit melalui kultur cair dalam media Luria-Bertani (LB). Strain yang diisolasi diidentifikasi sebagai bakteri Gram-negatif, berbentuk batang pendek yang menghasilkan supernatan kekuningan, yang berhasil diekstraksi menggunakan etil asetat untuk mendapatkan fraksi metabolit ekstraseluler. Bioassay toksisitas menunjukkan pola respons dosis yang jelas, dengan mortalitas *B. tabaci* selama 24 jam meningkat dari 55,00% pada konsentrasi 35% menjadi 80,00% pada konsentrasi 75%. Analisis probit menghasilkan nilai LC_{50} sebesar 1500,95, sedangkan LT_{50} menurun secara signifikan dari 42,26 jam menjadi 15,87 jam seiring peningkatan konsentrasi metabolit. Temuan ini menegaskan bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari *B. balsamifera* mampu menghasilkan metabolit sekunder yang efektif dalam menekan populasi *B. tabaci*, menyoroti potensi kuatnya untuk dikembangkan sebagai biopestisida berbasis tanaman yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Biopestisida, *Blumea balsamifera*, bakteri endofit, metabolit sekunder, *Bemisia tabaci*



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

PENDAHULUAN

Pengendalian hama pertanian hingga saat ini masih banyak bergantung pada penggunaan pestisida kimia sintesis, khususnya pada sistem budidaya hortikultura intensif. Ketergantungan tersebut menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan manusia, kematian organisme non-target, serta meningkatnya resistensi hama terhadap bahan aktif pestisida (Isman, 2017). Permasalahan ini mendorong perlunya pengembangan alternatif pengendalian hama yang lebih aman, selektif, dan berkelanjutan melalui pemanfaatan biopestisida berbasis sumber daya hayati.

Salah satu sumber hayati yang memiliki potensi besar dalam pengembangan biopestisida adalah bakteri endofit, yaitu mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada inangnya. Bakteri endofit diketahui mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder bioaktif seperti

alkaloid, terpenoid, senyawa fenolik, dan antibiotik, yang berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman terhadap patogen dan herbivora (Strobel & Daisy, 2003; Gangwar *et al.*, 2023). Sejumlah penelitian melaporkan bahwa metabolit yang dihasilkan bakteri endofit memiliki aktivitas insektisida, antifeedant, serta mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan serangga hama, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai agen biopestisida ramah lingkungan (Jalgaonwala *et al.*, 2011; Suresh *et al.*, 2022).

Tanaman sembung (*Blumea balsamifera*) merupakan tanaman obat tropis yang telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional dan diketahui memiliki kandungan senyawa bioaktif yang tinggi. Daun *B. balsamifera* dilaporkan mengandung berbagai senyawa aktif, seperti borneol, linalool, flavonoid, dan terpenoid, yang memiliki aktivitas antimikroba dan insektisidal (Wijayanti *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023). Keberadaan senyawa bioaktif tersebut sering kali berkaitan erat dengan mikroorganisme endofit yang berasosiasi dengan jaringan tanaman, yang berperan sebagai produsen atau pemicu biosintesis metabolit sekunder (Strobel & Daisy, 2003). Meskipun demikian, eksplorasi mengenai isolasi dan identifikasi bakteri endofit dari *B. balsamifera*, khususnya yang diarahkan pada pengembangan biopestisida, masih tergolong terbatas.

Eksplorasi bakteri endofit dari tanaman obat seperti *B. balsamifera* menjadi penting untuk menemukan isolat yang mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas hayati terhadap hama pertanian. Tahapan awal yang krusial dalam pengembangan biopestisida berbasis endofit meliputi proses isolasi, karakterisasi, dan identifikasi bakteri endofit guna mengetahui sifat morfologi, fisiologis, serta potensi metabolit yang dihasilkannya (Martínez-Hidalgo & Hirsch, 2017). Karakterisasi awal ini menjadi dasar dalam menentukan kemampuan isolat untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai agen pengendali hayati yang ramah lingkungan.

Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) merupakan salah satu hama utama tanaman hortikultura yang bersifat polifag dan berperan sebagai vektor berbagai virus tanaman, khususnya kelompok *Begomovirus* (Oliveira *et al.*, 2001; Jones, 2003). Serangan *B. tabaci* dapat menyebabkan kerusakan langsung melalui aktivitas pengisapan cairan tanaman serta kerusakan tidak langsung melalui penularan penyakit, yang berdampak pada penurunan hasil dan kerugian ekonomi yang signifikan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit mampu menyebabkan mortalitas, gangguan fisiologis, serta penurunan aktivitas makan pada serangga hama, termasuk *B. tabaci* (García-Salinas *et al.*, 2020; Asha & Vidyalakshmi, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit yang terdapat pada tanaman *Blumea balsamifera* serta mengevaluasi potensi metabolit sekundernya terhadap hama *B. tabaci*. Penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal dalam pengembangan biopestisida berbasis bakteri endofit sebagai alternatif pengendalian hama yang lebih aman dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo. Seluruh tahapan penelitian meliputi persiapan sampel, isolasi dan pemurnian bakteri endofit, identifikasi morfologi dan pewarnaan Gram, produksi serta ekstraksi metabolit sekunder, hingga pengujian toksisitas terhadap hama uji. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober hingga November 2025.

2.2 Isolasi dan Pemurnian Bakteri Endofit

Sampel daun dan batang muda tanaman sembung (*Blumea balsamifera*) yang sehat dan bebas pestisida disterilisasi permukaannya menggunakan etanol 70%, kemudian diinokulasikan pada media *Starch Casein Agar* (SCA). Isolasi dilakukan menggunakan metode *direct planting* dan grinding dengan pengenceran serial hingga 10^{-5} . Koloni yang tumbuh dimurnikan menggunakan metode streak plate hingga diperoleh isolat tunggal (Lay, 2000; Cappuccino & Sherman, 2013).

2.3 Identifikasi Morfologi dan Pewarnaan Gram

Identifikasi awal bakteri endofit dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni dan pewarnaan Gram untuk menentukan sifat Gram dan bentuk sel bakteri menggunakan metode standar (Pelczar & Chan, 2008).

2.4 Produksi dan Ekstraksi Metabolit Sekunder

Isolat bakteri endofit terpilih dikultur pada media cair Luria Bertani (LB) selama 72 jam menggunakan shaker. Kultur disentrifugasi dan supernatan diekstraksi menggunakan etil asetat dengan perbandingan 1:1 untuk memperoleh fraksi metabolit sekunder ekstraseluler (Nugroho *et al.*, 2016; Jalgaonwala *et al.*, 2011).

2.5 Uji Toksisitas terhadap *Bemisia tabaci*

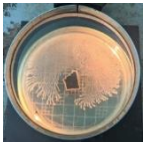
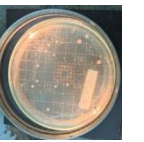
Uji toksisitas dilakukan menggunakan metode leaf dip pada tiga konsentrasi perlakuan, yaitu 35%, 55%, dan 75%, serta satu kontrol tanpa ekstrak. Setiap perlakuan terdiri atas empat ulangan dengan 10 individu *Bemisia tabaci* per ulangan. Mortalitas diamati selama 24 jam.

2.6 Analisis Data

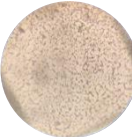
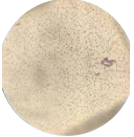
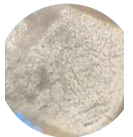
Data dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif untuk menentukan nilai LC₅₀ dan LT₅₀ menggunakan analisis Probit serta uji ANOVA satu arah pada taraf signifikansi 5% (Finney, 1971; Piepho *et al.*, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1.1 Morfologi Koloni Isolat Daun dan Batang

<i>Direct planting (Daun)</i>	<i>Grinding (Daun)</i>	<i>Direct planting (Batang)</i>	<i>Grinding (Batang)</i>
			

Tabel 1.2 Pewarnaan Gram bakteri Endofit Daun dan Batang

<i>Direct planting (Daun)</i>	<i>Grinding (Daun)</i>	<i>Direct planting (Batang)</i>	<i>Grinding (Batang)</i>
			

Konsentrasi (v/v)	Ulangan	Total Kutu kebul	Waktu										Total
			07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00	01.00	04.00	07.00		
0%	Tabel 1.3 Data Pengamatan selama 24 Jam												0
35%	U2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	U3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	U4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	U1	10	0	1	0	2	1	0	0	1	0	5	
55%	U2	10	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7	
	U3	10	0	1	0	1	1	1	1	1	1	7	
	U4	10	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	
	U1	10	0	0	2	0	4	1	1	1	0	9	
75%	U2	10	0	1	0	1	0	1	1	0	1	6	
	U3	10	0	1	1	1	3	1	0	0	0	7	
	U4	10	0	0	1	2	0	0	0	2	0	5	
	U1	10	0	1	0	2	3	0	0	3	1	10	
	U2	10	0	1	0	2	0	1	0	0	2	6	
	U3	10	1	3	1	1	0	0	2	1	0	9	
	U4	10	0	1	2	2	0	0	1	0	1	7	

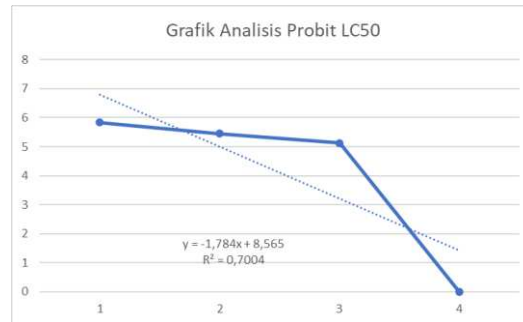
Tabel 1.4 Total Keseluruhan Mortalitas Kutu Kebul Selama 24 Jam

Konsentrasi	Total kutu kebul	Total kutu kebul uji
0	0	40
0,35	22	40
0,55	27	40
0,75	32	40

Konsentrasi uji (v/v)	Log konsentrasi	Jumlah larva uji	Jumlah larva yang mati				Rata-rata	Persen kematian %	Nilai probit
			1	2	3	4			
75%	1.875	10	10	6	9	7	8	80	5,84
55%	1.740	10	10	7	7	3	6,75	67,50	5,45
35%	1.544	10	5	7	7	3	5,5	55,00	5,13
0%	-	10	0	0	0	0	0	0,00	

Tabel 1.5 Data untuk menghitung LC50

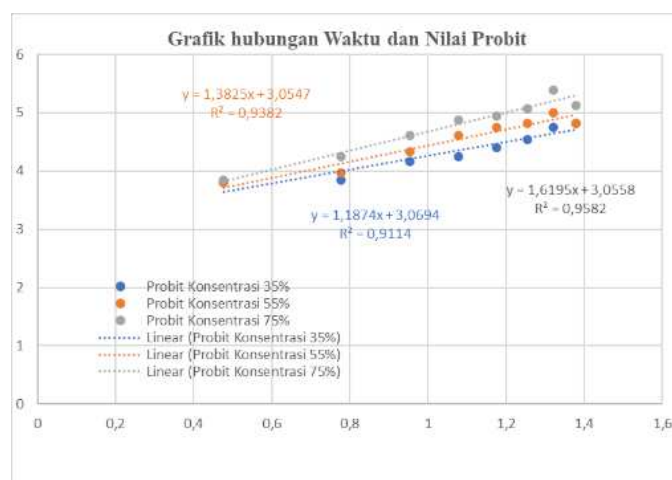
Gambar 1.1 Grafik



Analisis Probit LC50

Tabel 1.6 Data Menghitung LT50

Waktu kumulatif (jam)	Log Waktu (x)	Probit Konsentrasi 35%	Probit Konsentrasi 55%	Probit Konsentrasi 75%
3	0,477	3,799	3,799	3,845
6	0,778	3,845	3,964	4,242
9	0,954	4,164	4,326	4,613
12	1,079	4,242	4,613	4,874
15	1,176	4,401	4,747	4,936
18	1,255	4,541	4,815	5,063
21	1,322	4,747	5,000	5,385
24	1,380	4,815	4,815	5,126



Nilai rata-rata LT50
$Y = a + bx$
$5 = 1,1874 + 3,0694x$
$x = 1,6259$
Tabel 1.7 Konsentrasi 35%
$LT50 = 10^{1,6259}$
LT50= 42,26 Jam

Tabel 1.8

Nilai rata-rata LT50
$Y = a + bx$
$5 = 1,3825 + 3,0547x$
$x = 1,4071$
$LT50 = 10^{1,4071}$
LT50= 25,53 Jam

Konsentrasi 55%

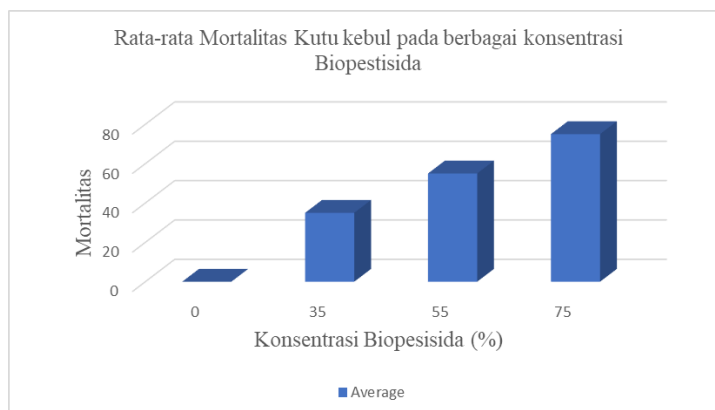
Nilai rata-rata LT50
$Y = a + bx$
$5 = 1,6195 + 3,0558x$
Tabel 1.9 Konsentrasi 75%
$x = 1,2005$
$LT50 = 10^{1,2005}$
LT50= 15,87 Jam

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0%	4	0	0	0
35%	4	22	5,5	3,666667
55%	4	27	6,75	2,916667
75%	4	32	8	3,333333

Tabel 1.10 Rata-rata Mortalitas Kutu kebul pada berbagai konsentrasi Biopestisida

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	149,1875	3	49,72917	20,05882	5,74E-05	3,490295
Within Groups	29,75	12	2,479167			
Total	178,9375	15				

Gambar 1.5 Grafik Rata-rata Mortalitas Kutu kebul berbagai konsentrasi Biopestisida



Hasil isolasi bakteri endofit dari tanaman sembung (*Blumea balsamifera*) menunjukkan keberhasilan metode *direct planting* dan *grinding* dalam memperoleh isolat dengan variasi morfologi koloni. Perbedaan pola pertumbuhan koloni yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut mengindikasikan perbedaan konteks biologis bakteri endofit di dalam jaringan tanaman. Metode *direct planting* cenderung mempertahankan pola kolonisasi alami bakteri dalam jaringan, sedangkan metode *grinding* melepaskan bakteri secara lebih merata sehingga menghasilkan koloni yang lebih homogen. Temuan ini sejalan dengan laporan Ryan *et al.* (2008) dan Hallmann *et al.* (1997) yang menyatakan bahwa metode isolasi berpengaruh terhadap karakter morfologi koloni endofit yang diperoleh.

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit yang diperoleh didominasi oleh bakteri Gram negatif berbentuk basil pendek (*coccobacilli*). Karakter ini umum ditemukan pada bakteri endofit dari berbagai tanaman obat dan pertanian, yang umumnya memiliki fleksibilitas fisiologis tinggi untuk beradaptasi di dalam jaringan tanaman inang (Martínez-Hidalgo & Hirsch, 2017; Hanif & Susanti, 2017). Bakteri Gram negatif diketahui memiliki kemampuan metabolik yang luas, termasuk dalam produksi senyawa bioaktif ekstraseluler, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber biopestisida.

Pertumbuhan isolat pada media cair *Luria Bertani* (LB) selama 72 jam menunjukkan aktivitas metabolik yang tinggi, ditandai dengan kekeruhan medium dan terbentuknya supernatan berwarna kekuningan. Warna supernatan ini mengindikasikan keberadaan metabolit sekunder ekstraseluler yang dilepaskan selama fase pertumbuhan stasioner. Nugroho *et al.* (2016) dan Jalgaonwala *et al.* (2011) melaporkan bahwa fase stasioner merupakan fase optimal bagi bakteri endofit untuk memproduksi metabolit sekunder, terutama senyawa semi-polar yang dapat diekstraksi menggunakan pelarut etil asetat. Kesamaan karakter ekstrak yang diperoleh pada penelitian ini memperkuat indikasi bahwa isolat endofit sembung memiliki potensi biosintesis metabolit bioaktif.

Hasil uji toksisitas menunjukkan bahwa metabolit sekunder bakteri endofit sembung mampu meningkatkan mortalitas kutu kebul (*Bemisia tabaci*) seiring dengan peningkatan konsentrasi perlakuan. Pola hubungan dosis-respon yang jelas merupakan karakteristik umum senyawa toksik terhadap serangga, di mana peningkatan konsentrasi menyebabkan meningkatnya jumlah senyawa aktif yang berinteraksi dengan sistem fisiologis serangga (Finney, 1971; Siahaya, 2021). Tidak ditemukannya mortalitas pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa kematian serangga uji sepenuhnya disebabkan oleh efek metabolit bakteri endofit.

Nilai LC_{50} yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder bakteri endofit sembung memiliki tingkat toksisitas rendah hingga sedang terhadap *B. tabaci* pada periode pengamatan 24 jam. Meskipun demikian, nilai LT_{50} yang semakin menurun pada konsentrasi yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa metabolit bekerja lebih cepat dalam menyebabkan kematian serangga. Temuan ini

sejalan dengan konsep toksikologi serangga yang menyatakan bahwa kecepatan kematian meningkat seiring dengan peningkatan intensitas paparan senyawa aktif (Finney, 1971; Trisyono, 2019). Dengan demikian, meskipun toksisitas akut relatif moderat, metabolit endofit menunjukkan potensi sebagai agen pengendali hayati dengan efek kumulatif.

Hasil analisis ANOVA yang menunjukkan pengaruh sangat nyata konsentrasi metabolit terhadap mortalitas *B. tabaci* menegaskan bahwa variasi konsentrasi merupakan faktor kunci dalam menentukan efektivitas biopestisida. Hal ini konsisten dengan laporan Piepho *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa perbedaan perlakuan dapat dinyatakan signifikan apabila variasi respons antar perlakuan melebihi variasi acak. Secara biologis, temuan ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder bakteri endofit sembung memiliki aktivitas bioinsektisida yang terukur dan dapat dioptimalkan melalui penyesuaian konsentrasi.

KESIMPULAN

Bakteri endofit dari tanaman sembung (*Blumea balsamifera*) berhasil diisolasi dan diidentifikasi sebagai bakteri Gram negatif berbentuk basil pendek yang mampu menghasilkan metabolit sekunder ekstraseluler. Metabolit yang dihasilkan menunjukkan aktivitas bioinsektisida terhadap kutu kebul (*Bemisia tabaci*), ditandai dengan peningkatan mortalitas dan percepatan waktu kematian seiring peningkatan konsentrasi perlakuan. Temuan ini menunjukkan bahwa bakteri endofit sembung berpotensi dikembangkan sebagai sumber biopestisida ramah lingkungan, meskipun masih diperlukan penelitian lanjutan untuk optimasi dan pengujian skala lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama penelitian, serta kepada staf laboratorium atas bantuan teknis dan fasilitas selama proses penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265–267.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (2013). *Microbiology: A laboratory manual* (10th ed.). Pearson Education.
- Finney, D. J. (1971). *Probit analysis* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Gangwar, M., Sharma, A., & Kumar, S. (2023). Endophytic bacteria as novel sources of bioactive compounds: Current developments and future prospects. *Microbiological Research*, 266, 127241.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(10), 895–914.
- Hanif, A., & Susanti, R. (2017). Analisis senyawa antifungal bakteri endofit asal tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Agritech*, 1(1).
- He, Y., Chen, L., Chen, L., et al. (2013). Assessment of sublethal effects and concentration–mortality response (log–probit) on *Bemisia tabaci* after 24 h exposure. *International Journal of Biological Sciences*, 9, 246–255.
- Isman, M. B. (2017). Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*, 110, 10–14.
- Jalgaonwala, R. E., Mohite, B. V., & Mahajan, R. T. (2011). Natural products from plant-associated endophytic microorganisms. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 1(2), 21–32.
- Jones, D. R. (2003). Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 195–219.
- Lay, B. W. (2000). *Analisis mikroba di laboratorium*. RajaGrafindo Persada.
- Martínez-Hidalgo, P., & Hirsch, A. M. (2017). The nodule microbiome: N₂-fixing rhizobia do not live alone. *Phytobiomes Journal*, 1(2), 70–82.
- Nugroho, A., et al. (2016). Produksi dan karakterisasi metabolit sekunder bakteri endofit. *Jurnal Biologi Indonesia*, 12(2), 45–53.
- Oliveira, M. R. V., Henneberry, T. J., & Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20(9), 709–723.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2008). *Dasar-dasar mikrobiologi*. UI Press.
- Piepho, H.-P., Malik, W. A., Bischoff, R., et al. (2024). Efficacy assessment in crop protection: A tutorial on the use of Abbott's formula. *Journal of Plant Diseases and Protection*.

Vol. 5 No. 1 Januari-Maret 2026 Hal. 40-47

DOI: <https://doi.org/10.47233/jpst.v5i1.4223>

- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., & Dowling, D. N. (2008). Bacterial endophytes: Recent developments and applications. *FEMS Microbiology Letters*, 278(1), 1–9.
- Siahaya, V. G. (2021). Pengaruh dosis atau konsentrasi subletal terhadap berbagai perilaku serangga. *Agrologia*, 10, 25–38.
- Strobel, G., & Daisy, B. (2003). Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 491–502.
- Suresh, S., et al. (2022). Endophytic microbial metabolites as emerging biopesticides: Current trends and applications. *Journal of Applied Microbiology*, 132(4), 2965–2981.
- Trisyono, Y. A. (2019). *Insektisida pengganggu pertumbuhan dan perkembangan serangga*. UGM Press.
- Wang, J., He, H., Zhou, Z., Bai, L., She, X., He, L., & Tan, D. (2023). Chemical constituents and bioactivities of *Blumea balsamifera* (Sembung): A systematic review. *Food Science and Technology*, 43, e132322.
- Wijayanti, R., Arum, Y. S., & Sari, K. (2021). Chemical constituents and biological activities of *Blumea balsamifera* (L.) DC. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(3), 617–630.