Biogenerasi Vol 11 No 4, 2026 (1357 – 1364)
Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi
Universitas Cokroaminoto Palopo
https://e-journal.my.id/biogenerasi
e-ISSN 2579-7085

Pembuatan Biopestisida Perawatan Berbasis Enam Bahan Utama Di Pt Taman Indah Lestari (Taman Simalem Resort)

[1*]Beatreak Banjarnahor, [2]Widyanti Saragi, [3]Binari Manurung

[1,2,3]Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Corresponding author E-mail: beatreakbanjarnahor@gmail.com

DOI : https://doi.org/10.30605/g1vy1849

Accepted : 12 Juni 2026 Approved : 13 Oktober 2026 Published : 18 Oktober 2026

Abstract

This study aims to describe the manufacturing process of a treatment biopesticide based on six main ingredients at PT Taman Indah Lestari (Taman Simalem Resort), identify the scientific basis for the potential biological activities of each ingredient, and compare the formulation with botanical biopesticides reported and commercialized elsewhere. The study used a descriptive qualitative approach consisting of field observation and documentation of the manufacturing process from 19 January to 19 February 2026, supported by a narrative literature review of scientific publications, particularly those published during 2021–2026. Extraction was performed by maceration using water at a material-to-solvent ratio of 1:10, followed by 12–24 h soaking and filtration. The six main components were the BPCS formulation (bamboo soil, paitan leaves, eucalyptus leaves, and citronella), turmeric–galangal–ginger (KLJ), gambier, soursop leaves, Plantago major leaves, and Melastoma malabathricum leaves. The literature indicates that phytochemical groups such as phenolics, flavonoids, tannins, saponins, terpenoids, essential oils, gingerols/shogaols, catechins, and acetogenins are associated with antimicrobial, repellent, antifeedant, or insecticidal activities in these materials. The metabolites were not analytically measured in this study; their presence and biological relevance were derived from published literature. Therefore, the biological efficacy of the final formulation was not experimentally established. Data were analyzed descriptively by constructing a material–process–metabolite–activity–mechanism matrix and comparing field observations with the literature. The novelty lies in documenting and scientifically mapping the six-component treatment formulation used at the study site and comparing its characteristics with botanical biopesticides available elsewhere.

Keywords : *Biopesticide Treatment, Integrated Pest Management, Organic Farming, Pests*

PENDAHULUAN

Pembuatan biopestisida merupakan salah satu pendekatan dalam pengelolaan hama yang memanfaatkan bahan biologis atau senyawa yang berasal dari organisme. Biopestisida nabati mendapat perhatian karena ekstrak tanaman dan minyak atsiri dapat memiliki lebih dari satu mekanisme kerja, antara lain repelan, antifeedant, penghambatan pertumbuhan, gangguan enzim, serta aktivitas antimikroba (Kumar *et al.,* 2021; Ngegba *et al.,* 2022). Namun, keunggulan tersebut tidak berarti bahwa semua ekstrak tanaman otomatis aman atau efektif. Aktivitas sangat dipengaruhi jenis tanaman, bagian tanaman, kondisi bahan, metode ekstraksi, konsentrasi, formulasi, organisme sasaran, dan kondisi lingkungan (Khursheed *et al.,* 2022; Collares *et al.,* 2023). Oleh sebab itu, dokumentasi proses pembuatan dan dasar ilmiah setiap komponen diperlukan sebelum formulasi dikembangkan lebih lanjut.

Biopestisida perawatan dalam penelitian ini dipahami sebagai formulasi berbahan hayati yang digunakan sebagai bagian dari pemeliharaan kesehatan tanaman melalui penekanan hama dan patogen secara preventif maupun kuratif ringan. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT), tetapi istilah "perawatan" dalam penelitian ini merupakan istilah operasional yang digunakan pada unit produksi lokasi penelitian, bukan kategori regulasi tersendiri. Literatur menunjukkan bahwa pestisida nabati dapat bekerja melalui kombinasi efek toksik, repelan, antifeedant, penghambatan perkembangan, dan gangguan fisiologis sehingga tidak selalu menghasilkan kematian hama secara langsung (Acheuk *et al.,* 2022; Collares *et al.,* 2023).

Urgensi penelitian ini berkaitan dengan kebutuhan untuk mendokumentasikan formulasi lokal yang telah digunakan di lapangan sekaligus menguji kesesuaiannya dengan pengetahuan ilmiah yang tersedia. Penelitian terdahulu telah mengkaji bahan-bahan penyusun secara terpisah. Misalnya, Keosaeng *et al.,* (2023) melaporkan aktivitas insektisida gingerol dan shogaol dari jahe terhadap beberapa spesies Spodoptera; Miranda *et al.,* (2022) menunjukkan aktivitas insektisida daun dan lakton seskuiterpen Tithonia diversifolia; Satria (2021) merangkum aktivitas antibakteri gambir; Zhakipbekov *et al.,* (2022) melaporkan kandungan dan aktivitas antimikroba Plantago major; sedangkan Tiwari *et al.,* (2023) merangkum kandungan polifenol, tanin, flavonoid, saponin, dan triterpen pada Melastoma malabathricum. Kajian lain menunjukkan bahwa minyak atsiri Eucalyptus mempunyai aktivitas repelan, insektisida, dan akarisida terhadap berbagai organisme sasaran (Danna *et al.,* 2024). Dengan demikian, terdapat dasar ilmiah untuk mengkaji setiap bahan, tetapi penelitian yang secara khusus mendokumentasikan kombinasi enam komponen yang digunakan sebagai biopestisida perawatan di PT Taman Indah Lestari masih terbatas berdasarkan penelusuran literatur yang dilakukan untuk penelitian ini.

Rumusan masalah penelitian adalah: (1) bagaimana proses pembuatan biopestisida perawatan berbasis enam bahan utama di PT Taman Indah Lestari; (2) metabolit sekunder dan aktivitas biologis apa yang dilaporkan dalam literatur pada masing-masing bahan; (3) bagaimana formulasi tersebut dibandingkan dengan biopestisida nabati yang telah tersedia atau dilaporkan di tempat lain; dan (4) apa keterbatasan serta rekomendasi pengembangan formulasi berdasarkan hasil observasi dan kajian literatur. Tujuan penelitian adalah mendeskripsikan proses pembuatan, memetakan kandungan metabolit dan mekanisme biologis berdasarkan literatur, membandingkan karakteristik formulasi dengan biopestisida nabati lain, serta merumuskan rekomendasi penelitian lanjutan. Kebaruan penelitian terletak pada dokumentasi formulasi enam komponen yang digunakan pada lokasi penelitian dan pemetaan ilmiahnya secara terpadu; kebaruan tersebut tidak dimaksudkan sebagai klaim bahwa setiap bahan atau mekanismenya merupakan temuan baru.

METODE

Penelitian dilaksanakan di PT Taman Indah Lestari (Taman Simalem Resort), Jalan Raya Merek–Sidikalang Km 9, Kodon-kodon, Kecamatan Merek, Kabupaten Karo, Sumatera Utara, pada unit agro, khususnya Laboratorium Rumah Serai (Distillation Unit). Kegiatan lapangan berlangsung pada 19 Januari–19 Februari 2026 bersamaan dengan program magang mandiri. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dua sumber data, yaitu data primer berupa hasil

observasi dan dokumentasi proses pembuatan biopestisida di lokasi penelitian, serta data sekunder berupa literatur ilmiah tentang biopestisida nabati, fitokimia, ekstraksi, aktivitas biologis, dan pengembangan produk komersial.

Desain kajian literatur. Kajian literatur dilakukan secara naratif untuk memberikan dasar ilmiah terhadap hasil observasi. Penelusuran menggunakan kata kunci botanical biopesticide, plant extract, maceration, phytochemical, insecticidal, antimicrobial, repellent, antifeedant, serta nama ilmiah bahan. Literatur diprioritaskan pada publikasi 2021–2026 dan dipilih berdasarkan relevansi terhadap fitokimia, aktivitas biologis, mekanisme kerja, metode ekstraksi, atau komersialisasi biopestisida. Hasil penelusuran disintesis secara deskriptif untuk memeriksa kesesuaian antara bahan yang diamati di lapangan dan bukti ilmiah.

Analisis data. Data primer dianalisis secara deskriptif dengan menguraikan proses, bahan, alat, rasio bahan dan air, lama perendaman, penyaringan, serta karakteristik filtrat. Data sekunder dianalisis melalui matriks bahan–metabolit–aktivitas–mekanisme–sumber. Selanjutnya dilakukan perbandingan kualitatif dengan biopestisida nabati yang telah tersedia atau dikembangkan di tempat lain. Tidak dilakukan uji statistik inferensial karena penelitian tidak menghasilkan data kuantitatif bioaktivitas, mortalitas, atau konsentrasi metabolit.

Penentuan kandungan metabolit. Penelitian ini tidak melakukan skrining fitokimia, kromatografi, atau spektrometri terhadap ekstrak. Kandungan metabolit pada Tabel 1 merupakan informasi yang disarikan dari literatur. Untuk memastikan kandungan pada sampel aktual, penelitian lanjutan dapat menggunakan skrining fitokimia kualitatif serta KLT-densitometri, HPLC/UPLC, GC-MS untuk komponen volatil, atau LC-MS untuk senyawa nonvolatil. Karena analisis tersebut tidak dilakukan, informasi metabolit diposisikan sebagai bukti literatur, bukan hasil pengukuran langsung.

Biopestisida dari Ekstrak KLJ

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah kunyit, lengkuas, jahe, dan air. Kunyit, lengkuas, dan jahe segar dipilih, dicuci, diiris kecil-kecil, lalu dihaluskan menjadi pasta kasar. Campuran bahan ditimbang sebanyak 1 kg, ditambahkan air dengan rasio 1:10 (1 kg bahan : 10 L air), diaduk ±5 menit, dan didiamkan 12–24 jam. Setelah perendaman, campuran disaring dan filtrat dimasukkan ke wadah tertutup serta diberi label.

Biopestisida dari Ekstrak Gambir

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu/blender, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah gambir dan air. Gambir dihancurkan menjadi serbuk/pecahan kecil, ditimbang 1 kg, ditambahkan air dengan rasio 1:10, diaduk ±5–10 menit, lalu didiamkan 12–24 jam. Larutan disaring untuk memisahkan ampas dan filtrat. Filtrat disimpan dalam wadah tertutup dan diberi label.

Biopestisida dari Ekstrak Daun Sirsak

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu/blender, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah daun sirsak dan air. Daun dicuci, ditiriskan, diiris kecil-kecil, lalu dihaluskan menjadi pasta kasar. Sebanyak 1 kg bahan ditambahkan air dengan rasio 1:10, diaduk ±5 menit, didiamkan 12–24 jam, kemudian disaring. Filtrat disimpan dalam jerigen tertutup dan diberi label.

Biopestisida dari Ekstrak Daun Sendok

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu/blender, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah daun sendok (Plantago major) dan air. Daun segar dibersihkan, ditiriskan, dipotong kecil-kecil, dan dihaluskan. Sebanyak 1 kg bahan ditambahkan air dengan rasio 1:10, diaduk ±5 menit, didiamkan 12–24 jam, kemudian disaring. Filtrat disimpan dalam wadah tertutup dan diberi label.

Biopestisida dari Ekstrak Senduduk

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu/blender, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah daun senduduk (Melastoma malabathricum) dan air. Daun dicuci, ditiriskan, diiris kecil-kecil, lalu dihaluskan.

Sebanyak 1 kg bahan ditambahkan air dengan rasio 1:10, diaduk ±5 menit, didiamkan 12–24 jam, kemudian disaring. Filtrat dimasukkan ke jerigen tertutup dan diberi label.

Biopestisida dari BPCS (Tanah Bambu, Daun Paitan, Daun Eucalyptus, Daun Serai Wangi)

Alat yang digunakan meliputi pisau, talenan, timbangan, lesung dan alu/blender, ember, kayu pengaduk, saringan/kain kasa, corong, dan jerigen penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah tanah bambu, daun paitan (Tithonia diversifolia), daun eucalyptus, daun serai wangi, dan air. Tanah bambu dibersihkan; daun dicuci, ditiriskan, diiris, lalu dihaluskan. Bahan daun dicampurkan dengan tanah bambu, ditimbang 1 kg, ditambahkan air dengan rasio 1:10, diaduk ±5–10 menit, didiamkan 12–24 jam, kemudian disaring. Filtrat disimpan dalam jerigen tertutup dan diberi label.



Gambar 1. Biopestisida perawatan hasil formulasi enam bahan utama dalam jerigen penyimpanan.

HASIL PENELITIAN

Hasil observasi menunjukkan bahwa formulasi biopestisida perawatan di lokasi penelitian terdiri atas enam komponen utama, yaitu KLJ, gambir, daun sirsak, daun sendok, daun senduduk, dan BPCS. Masing-masing komponen diproses melalui penghancuran bahan, pencampuran dengan air pada rasio 1:10, perendaman 12–24 jam, dan penyaringan. Filtrat kelompok rimpang berwarna kuning hingga cokelat kekuningan dengan aroma rempah; filtrat kelompok daun cenderung hijau tua hingga kecokelatan; gambir menghasilkan filtrat cokelat kemerahan; sedangkan BPCS menghasilkan aroma volatil yang kuat. Temuan tersebut merupakan karakteristik fisik yang diamati dan bukan hasil pengukuran kandungan senyawa secara instrumental.

Secara ilmiah, potensi aktivitas biologis formulasi dapat dijelaskan dari kandungan senyawa yang telah dilaporkan pada bahan penyusunnya. Kajian pestisida nabati menunjukkan bahwa terpenoid, fenolik, flavonoid, minyak atsiri, dan kelompok metabolit lainnya banyak diteliti sebagai bahan aktif biopestisida (Collares *et al.,* 2023; Schnarr *et al.,* 2022). Namun, komposisi aktual ekstrak air dapat berbeda dari komposisi pada ekstrak dengan pelarut lain. Metode ekstraksi memengaruhi senyawa yang terambil, sehingga hasil literatur tidak dapat diperlakukan sebagai hasil analisis langsung terhadap filtrat penelitian (Chibuye *et al.,* 2023).

Tabel 1. Kandungan metabolit yang dilaporkan dalam literatur, aktivitas biologis, dan mekanisme kerja bahan penyusun biopestisida perawatan

Bahan utama	Metabolit/senyawa yang dilaporkan	Aktivitas biologis yang dilaporkan	Mekanisme/indikasi dari literatur
Kunyit, jahe, lengkuas (KLJ)	Kurkumin/kurkuminoid; gingerol, shogaol; terpenoid/minyak atsiri	Antimikroba; repelan/insektisida pada beberapa bahan	Aktivitas gingerol/shogaol terhadap Spodoptera dilaporkan (Keosaeng et al., 2023)
Gambir (Uncaria gambir)	Katekin, tanin, polifenol	Antibakteri dan aktivitas bioaktif lain	Aktivitas antibakteri gambir dirangkum oleh Satria (2021)
Daun sirsak (Annona muricata)	Acetogenin, flavonoid, tanin, alkaloid	Insektisida/larvasida dan antimikroba dilaporkan	Aktivitas Annona terhadap beberapa serangga dilaporkan; belum diuji pada formulasi ini
Daun sendok (Plantago major)	Fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, iridoid glikosida	Antimikroba dan antijamur	Bukti berasal dari studi ekstrak, bukan filtrat penelitian ini (Zhakipbekov et al., 2022)
Senduduk (Melastoma malabathricum)	Polifenol, tanin, flavonoid, saponin, triterpenoid, steroid	Antimikroba/aktivitas bioaktif	Profil fitokimia dilaporkan oleh Tiwari et al. (2023) dan Hipol et al. (2023)
BPCS (serai wangi, eucalyptus, paitan, tanah bambu)	Komponen minyak atsiri; eucalyptol; seskuiterpen lakton/flavonoid; mikrobiota tanah	Repelan/insektisida/antifungi pada komponen tertentu; tanah bambu berpotensi menekan patogen tanah	Dukungan literatur dari Miranda et al. (2022), Danna et al. (2024), dan Fan et al. (2023)

Efektivitas biopestisida nabati pada prinsipnya berkaitan dengan komposisi metabolit sekunder dan karakteristik formulasi. Kajian meta-analisis Collares *et al.,* (2023) menunjukkan bahwa penelitian senyawa botani sebagai insektisida banyak berfokus pada terpenoid, terpena, karbonil, dan kelompok fenolik. Penelitian tersebut juga menunjukkan dominasi pengujian mortalitas dan kurangnya pengujian efek subletal seperti perubahan makan, perkembangan, atau reproduksi. Hal ini relevan karena formulasi pada penelitian ini disebut sebagai biopestisida "perawatan", sementara penelitian ini belum melakukan bioassay terhadap hama sasaran. Oleh karena itu, efektivitas biologis perlu dibuktikan melalui penelitian lanjutan.

Ekstrak gambir merupakan komponen yang memiliki dasar literatur cukup jelas. Gambir (Uncaria gambir) dikenal kaya akan katekin dan polifenol. Satria (2021) merangkum bukti aktivitas antibakteri gambir dan menunjukkan potensinya sebagai sumber bahan bioaktif. Namun, penelitian tersebut tidak secara langsung menguji formulasi enam bahan pada penelitian ini. Kontribusi kuantitatif gambir terhadap formulasi akhir belum dapat ditentukan tanpa pengujian bioaktivitas dan analisis kandungan senyawa.

Daun sirsak (Annona muricata) dilaporkan mengandung acetogenin dan berbagai senyawa fenolik. Literatur menunjukkan aktivitas ekstrak Annona terhadap beberapa serangga, tetapi aktivitas bergantung pada bagian tanaman, pelarut, konsentrasi, dan organisme sasaran. Karena ekstrak penelitian ini dibuat menggunakan air dan tidak difraksinasi, hasil penelitian pada ekstrak nonair tidak dapat langsung dianggap setara. Daun sirsak memiliki dasar literatur sebagai sumber bahan insektisida nabati, sedangkan efektivitas filtrat pada formulasi lokasi penelitian masih perlu diuji.

Daun sendok (Plantago major) dan senduduk (Melastoma malabathricum) mempunyai dasar fitokimia dan bioaktivitas yang telah dilaporkan. Zhakipbekov *et al.* (2022) melaporkan bahwa ekstrak P. major mengandung kelompok fenolik, flavonoid, terpenoid, dan alkaloid serta menunjukkan aktivitas antimikroba pada sejumlah mikroorganisme. Tiwari *et al.,* (2023) dan Hipol *et al.* (2023) melaporkan polifenol, tanin, flavonoid, saponin, triterpenoid, dan senyawa lain pada M. malabathricum. Temuan tersebut mendukung rasionalitas pemilihan kedua tanaman sebagai sumber bahan bioaktif,

tetapi tidak membuktikan kadar senyawa atau efektivitas formulasi lokasi penelitian.

Komponen BPCS menggabungkan serai wangi, eucalyptus, paitan, dan tanah bambu. Danna *et al.* (2024) merangkum bahwa minyak atsiri Eucalyptus mengandung monoterpen dan seskuiterpen, termasuk 1,8-cineole, dan telah diuji terhadap berbagai serangga dan tungau. Miranda *et al.* (2022) menunjukkan aktivitas insektisida Tithonia diversifolia dan fraksi lakton seskuiterpen terhadap Spodoptera frugiperda. Untuk tanah bambu, bukti tentang tanah supresif menunjukkan bahwa komunitas mikroba tanah dapat berkontribusi pada penekanan patogen; Fan *et al.,* (2023) menunjukkan keterkaitan komunitas mikroba tanah dengan penekanan penyakit. Kontribusi spesifik tanah bambu dalam BPCS belum diuji secara terpisah.

Perbandingan dengan biopestisida di tempat lain. Formulasi botani telah dikembangkan dan dikomersialkan di berbagai wilayah, tetapi umumnya menggunakan satu bahan aktif atau kelompok bahan yang lebih terbatas. Contoh yang terdokumentasi adalah produk berbasis azadirachtin/neem dan pyrethrin, sedangkan minyak atsiri juga digunakan pada sejumlah produk pengendali hama (Acheuk *et al.,* 2022; Kumar *et al.,* 2021). Pengembangan biopestisida menghadapi tantangan standardisasi bahan aktif, stabilitas formulasi, efikasi lapangan, regulasi, dan konsistensi mutu (Khursheed *et al.,* 2022; Deresa & Diriba, 2023). Dibandingkan contoh tersebut, formulasi di PT Taman Indah Lestari memiliki ciri kombinasi enam komponen dan ekstraksi air sederhana. Keunikan konteks tersebut sekaligus membuat standardisasi kandungan dan penentuan dosis lebih kompleks.

Keterbatasan penelitian dan rekomendasi. Penelitian ini belum mencakup identifikasi spesies hama sasaran, uji mortalitas atau repelan, uji fitotoksisitas, penentuan konsentrasi efektif, analisis kandungan metabolit secara instrumental, pengujian stabilitas penyimpanan, maupun pengujian lapangan terkontrol. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk melakukan skrining fitokimia; identifikasi dan pengukuran senyawa penanda dengan HPLC/LC-MS dan GC-MS; bioassay terhadap hama dan patogen sasaran; uji fitotoksisitas dan organisme non-sasaran; uji stabilitas dan umur simpan; penentuan konsentrasi serta frekuensi aplikasi; dan uji lapangan serta kelayakan produksi.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan observasi lapangan dan kajian literatur, biopestisida perawatan di PT Taman Indah Lestari dibuat dari enam komponen utama, yaitu KLJ, gambir, daun sirsak, daun sendok, daun senduduk, dan BPCS. Proses yang diamati meliputi persiapan dan penghancuran bahan, ekstraksi menggunakan air dengan rasio 1:10, perendaman 12–24 jam, penyaringan, dan penyimpanan filtrat. Literatur memberikan dasar bahwa bahan-bahan tersebut mengandung kelompok metabolit yang berhubungan dengan aktivitas antimikroba, insektisida, repelan, atau antifeedant. Namun, kandungan metabolit dan efektivitas biologis formulasi aktual tidak diukur dalam penelitian ini sehingga tidak dapat dinyatakan sebagai efektivitas eksperimental.

Perbandingan dengan biopestisida nabati di tempat lain menunjukkan bahwa formulasi lokasi penelitian memiliki karakter kombinasi enam komponen yang khas, sementara produk komersial umumnya lebih terstandar pada bahan aktif atau kelompok bahan tertentu. Kebaruan penelitian ini terutama terletak pada dokumentasi dan pemetaan ilmiah formulasi enam komponen pada konteks PT Taman Indah Lestari. Penelitian lanjutan perlu mencakup analisis fitokimia, bioassay, fitotoksisitas, stabilitas, standardisasi, dan uji lapangan.

DAFTAR RUJUKAN

Fan, H., He, P., Xu, S., Li, S., Wang, Y., Zhang, W., Li, X., Shang, H., Zeng, L., & Zheng, S.-J. (2023). Banana disease-suppressive soil drives Bacillus assembled to defense Fusarium wilt of banana. Frontiers in Microbiology, 14, 1211301. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1211301

Zhakipbekov, K., Turgumbayeva, A., Issayeva, R., & Kipchakbayeva, A. (2022). Antimicrobial and other biomedical properties of extracts from Plantago major, Plantaginaceae. Pharmaceuticals, 16(8), 1092. https://doi.org/10.3390/ph16081092

Tiwari, M., Barooah, M. S., & Bhuyan, D. (2023). Phytochemical and bioactive potentialities of Melastoma malabathricum. In Recent Frontiers of Phytochemicals (pp. 601–615). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19143-5.00024-4

Sugiantina, L. M., & Leliqia, N. P. E. (2022). Review: Studi kandungan fitokimia, aktivitas antibakteri dan toksisitas karamunting (Melastoma malabathricum L.). Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi, 1(1). https://doi.org/10.24843/WSNF.2022.v01.i01.p21

Schnarr, L., Segatto, M. L., Olsson, O., Zuin, V. G., & Kümmerer, K. (2022). Flavonoids as biopesticides: Systematic assessment of sources, structures, activities and environmental fate. Science of the Total Environment, 824, 153781. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153781

Satria, D. (2021). A mini review of antibacterial activities of Uncaria gambir Roxb. Indonesian Journal of Pharmaceutical Research, 1(2). https://doi.org/10.31869/ijpr.v1i2.6290

Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z., & Zhong, G. (2022). Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. Agriculture, 12(5), 600. https://doi.org/10.3390/agriculture12050600

Miranda, M. A. F. M., Matos, A. P., Volante, A. C., Cunha, G. O. S., & Gualtieri, S. C. J. (2022). Insecticidal activity from leaves and sesquiterpene lactones of Tithonia diversifolia (Helms.) A. Gray on Spodoptera frugiperda. South African Journal of Botany, 144, 377–379. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.002

Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. Plants, 10(6), 1185. https://doi.org/10.3390/plants10061185

Khursheed, A., Rather, M. A., Jain, V., Wani, A. R., Rasool, S., Nazir, R., Malik, N. A., & Majid, S. A. (2022). Plant based natural products as potential ecofriendly and safer biopesticides: A comprehensive overview of their advantages over conventional pesticides, limitations and regulatory aspects. Microbial Pathogenesis, 173, 105854. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105854

Keosaeng, K., Songoen, W., Yooboon, T., Bullangpoti, V., & Pluempanupat, W. (2023). Insecticidal activity of isolated gingerols and shogaols from Zingiber officinale Roscoe rhizomes against Spodoptera spp. Natural Product Research, 37(4), 669–674. https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2078818

Hipol, R. L., Wayas, H., Hipol, R., Bacuyag, F. M., Cabanlong, J., Daquigan, M., & Pladio, L. (2023). Phytochemical content, thin layer chromatographic profile, and pharmacologic activities of the Philippine native Melastoma malabathricum Linn. from Benguet. Science, Engineering and Health Studies, 17, 23050012. https://doi.org/10.69598/sehs.17.23050012

Deresa, E. M., & Diriba, T. F. (2023). Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. Heliyon, 9(3), e13810. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13810

Danna, C., Malaspina, P., Cornara, L., Smeriglio, A., Trombetta, D., De Feo, V., & Vanin, S. (2024). Eucalyptus essential oils in pest control: A review of chemical composition and applications against insects and mites. Crop Protection, 176, 106319. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106319

Collares, L. J., Turchen, L. M., & Guedes, R. N. C. (2023). Research trends, biases, and gaps in phytochemicals as insecticides: Literature survey and meta-analysis. Plants, 12(2), 318. https://doi.org/10.3390/plants12020318

Chibuye, B., Singh, I. S., Chimuka, L., & Maseka, K. K. (2023). A review of

modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. Scientific African, 19, e01585. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01585

Acheuk, F., Basiouni, S., Shehata, A. A., Dick, K., Hajri, H., Lasram, S., Yilmaz, M., Emekci, M., Tsiamis, G., Spona-Friedl, M., May-Simera, H., Eisenreich, W., & Ntougias, S. (2022). Status and prospects of botanical biopesticides in Europe and Mediterranean countries. Biomolecules, 12(2), 311. https://doi.org/10.3390/biom12020311