

LITERATUR REVIEW: SENYAWA AKTIF TUMBUHAN YANG EFEKTIF SEBAGAI PESTISIDA NABATI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN

Nadia Sefina*, Moralita Chatri, Linda Advinda, Dwi Hilda Putri

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang,
Sumatera Barat

Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat Indonesia

e-mail: nadiasefina23@gmail.com

Abstrak

Pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan perlu dikembangkan salah satunya dengan fitopestisida berbahan aktif tanaman. Senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin dan minyak atsiri terbukti efektif mengendalikan patogen tanaman sekaligus mengurangi efek negatif pestisida kimia. Senyawa tersebut berasal dari bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga dan buah. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis artikel terkait efektivitas senyawa aktif pada tanaman sebagai pestisida nabati. Perancangan menggunakan literatur review yang dikumpulkan melalui mesin pencari seperti PubMed, Google Scholar, dan ScienceDirect. Kriteria artikel yang digunakan adalah artikel terbitan tahun 2019 hingga 2024 yang membahas tentang penggunaan pestisida tanaman untuk mengendalikan penyakit tanaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa senyawa aktif seperti fenol, flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid, naringin, laminarin, allicin, dan chitosan pada tanaman dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan berbagai cara, misalnya dengan merusak membran sel patogen, mengganggu metabolisme, dan menghentikan beberapa enzim. Chitosan dan laminarin berperan sebagai pemicu untuk meningkatkan respon pertahanan tanaman, sedangkan allicin dan flavonoid memiliki sifat antimikroba yang kuat. Pestisida nabati dapat digunakan untuk pertanian organik dan mendukung kelestarian lingkungan.

Kata kunci: **Pestisida nabati, Senyawa aktif, Patogen tanaman.**

Abstract

Environmentally friendly plant disease control needs to be developed, one of which is phytopesticides made from active plants. Active compounds such as alkaloids, flavonoids, saponins, tannins and essential oils have proven effective in controlling plant pathogens while reducing the negative effects of chemical pesticides. These compounds come from plant parts such as roots, stems, leaves, flowers and fruits. This research aims to collect and analyse articles related to the effectiveness of active compounds in plants as vegetable pesticides. The design uses literature reviews collected through search engines such as PubMed, Google Scholar, and ScienceDirect. The criteria used were articles published from 2019 to 2024 that discussed the use of plant pesticides to control plant diseases. The analysis showed that active compounds such as phenols, flavonoids, alkaloids, tannins, terpenoids, naringin, laminarin, allicin, and chitosan in plants can inhibit the growth of pathogens in various ways, for example by damaging pathogen cell membranes, disrupting metabolism, and stopping

some enzymes. Chitosan and laminarin act as triggers to enhance plant defence responses, while allicin and flavonoids have strong antimicrobial properties. Plant-based pesticides can be used for organic farming and support environmental sustainability.

Keywords: *Plant-based pesticides, Active compounds, Plant pathogens.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi besar dalam pelestarian dan budidaya berbagai jenis tanaman. Tanah yang subur dan iklim yang mendukung menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan keanekaragaman tumbuhan tertinggi di dunia. Keanekaragaman hayati ini tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga menjadi sumber daya potensial bagi pengembangan teknologi pertanian yang berkelanjutan. Namun, kekayaan alam Indonesia tidak terlepas dari ancaman antropogenik, terutama dalam sektor pertanian.

Petani di Indonesia pada umumnya mengendalikan penyakit tanaman dengan penggunaan pestisida sintetis, bahan kimia yang dirancang untuk membunuh hama tanaman. Pestisida ini memiliki dampak positif dan negatif dalam penggunaannya. Dampak positif yang diperoleh yaitu terbebasnya hama yang mengganggu tanaman sedangkan dampak negatifnya antara lain pestisida yang disemprotkan tidak seluruhnya mengenai tanaman akan tetapi 80% pestisida yang disemprotkan akan jatuh ke tanah (Setiawan & Bernik, 2019). Residu kimiawi ini sulit terurai di alam dan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem, termasuk menurunkan kualitas tanah dan membahayakan kesehatan manusia melalui rantai makanan. Residu pestisida sintetis pada produk pertanian juga dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius seperti kanker (Singkoh *et al.*, 2019).

Dampak negatif penggunaan pestisida sintetis mendorong perlunya pendekatan yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pengembangan pestisida nabati. Keunggulan utama pestisida nabati adalah ramah lingkungan, mudah terurai di alam, dan tidak meninggalkan residu yang berbahaya (Hasibuan *et al.*, 2021). Pestisida nabati merupakan produk alami yang diekstrak dari tanaman dan mengandung bahan aktif

seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan minyak atsiri. Senyawa aktif tanaman dapat berperan sebagai antijamur (Marbun, 2021) sehingga efektif dalam mengendalikan penyakit pada tanaman. Bagian tanaman seperti akar, batang, daun, bunga, dan buah dapat menjadi sumber bahan aktif tersebut, sehingga penggunaannya dapat berkelanjutan (Dubey *et al.*, 2010).

Berbagai tanaman yang mengandung senyawa aktif dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti pestisida sintetis karena ketersediaannya yang melimpah dan mudah didapat. Beberapa sumber daya lokal seperti biji Srikaya, daun Pepaya, daun atau biji Mimba, biji Mahoni dan Brotowali dapat digunakan sebagai pestisida nabati. Tanaman-tanaman tersebut mengandung bahan aktif seperti polifenol, alkaloid, eugenol, tanin dan saponin yang dapat digunakan sebagai insektisida nabati (Tampubolon *et al.*, 2018).

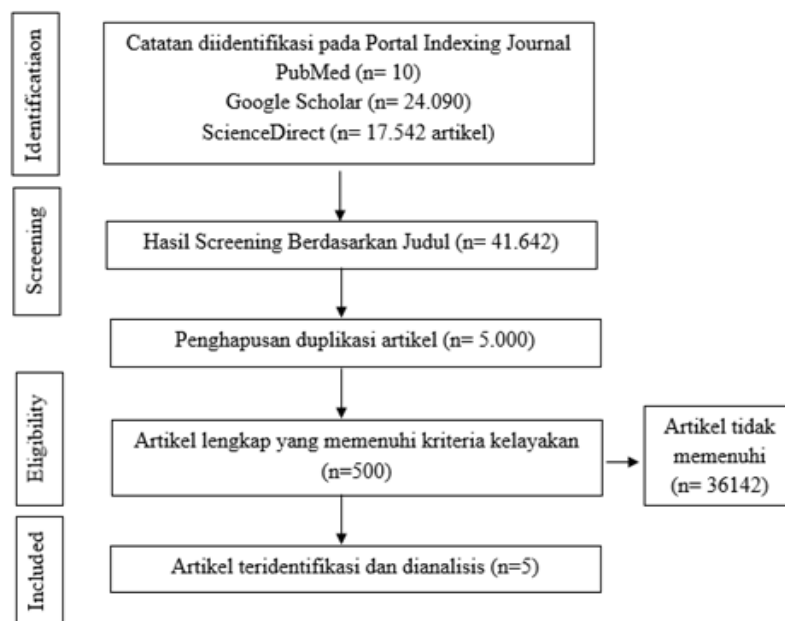
Berdasarkan hal tersebut, dalam review ini akan membahas senyawa aktif tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan pestisida nabati. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana senyawa aktif bekerja untuk mencegah penyakit tanaman dengan cara merusak membran sel, mengganggu metabolisme, dan memblokir enzim yang berbahaya. Dengan strategi ini diharapkan dapat meningkatkan pertanian organik dan perlindungan lingkungan dengan menggunakan pestisida nabati (Regnault-Roger *et al.*, 2012). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengumpulkan dan menganalisis artikel terkait efektivitas senyawa aktif pada tumbuhan sebagai pestisida nabati untuk pengendalian penyakit tanaman.

2. METODE PENELITIAN

Artikel ini disusun dengan menggunakan pendekatan studi literatur, dari berbagai sumber seperti PubMed, Google Scholar, dan ScienceDirect digunakan untuk mendapatkan data primer dari publikasi nasional dan internasional. Pemilihan literatur didasarkan pada kriteria penerbitan dari tahun 2019 hingga 2024, yang secara khusus membahas penggunaan pestisida nabati untuk pengendalian penyakit tanaman. Setelah dianalisis, artikel tersebut disusun dalam sebuah tabel yang berisi judul, nama peneliti, jurnal, tahun penerbitan, metode penelitian dan

temuan penelitian. Pedoman untuk metodologi penelitian tinjauan sistematis literatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA).

Menemukan kategori string atau pengkodean yang digunakan untuk mencari artikel terkait adalah langkah pertama dalam tinjauan sistematis literatur untuk penelitian ini. Dalam hal ini, peneliti menggunakan string “senyawa aktif pada tanaman sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan penyakit tanaman” baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Peneliti kemudian mulai menggunakan frasa pencarian tersebut untuk mencari artikel-artikel di mesin pencari, mengumpulkannya sebelum mereduksi, dan mengekstrak data. Penemuan pertama melalui PubMed peneliti memperoleh data sebanyak 10 artikel menggunakan string berbahasa inggris, selanjutnya Google Scholar, peneliti memperoleh data sebanyak 7.090 artikel menggunakan string berbahasa Indonesia dan 17.000 artikel menggunakan string berbahasa inggris. Terakhir menggunakan Sciencedirect memperoleh data sebanyak 17.542 artikel menggunakan string bahasa inggris. Gambar 1 menunjukkan bahwa proses seleksi tidak hanya dilakukan dengan string pencarian, tetapi juga melalui beberapa tahap penyaringan dan seleksi ketat, sehingga hanya artikel yang benar-benar relevan dan berkualitas tinggi yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Diagram alir proses seleksi artikel (Page *et al.*, 2021)

Untuk memastikan bahwa artikel yang digunakan dalam penelitian ini relevan dan memenuhi standar kualitas, dilakukan proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.

Tabel 1 berikut menunjukkan kriteria yang digunakan dalam pemilihan artikel:

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kategori	Kriteria
Inklusi	Rentang waktu penerbitan jurnal maksimal 6 tahun terakhir (2019-2024). Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Artikel original, tidak berupa abstrak ataupun potongan-potongan jurnal, tetapi dalam bentuk fulltext. Artikel berisi tentang penelitian yang bertujuan menganalisis efektivitas senyawa aktif pada tumbuhan sebagai pestisida nabati.
Eksklusi	Jurnal yang ditampilkan tidak fulltext. Tahun terbit jurnal di bawah tahun yang telah ditetapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel di bawah ini menampilkan penelitian tentang senyawa aktif tanaman yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati sebagai pengendalian penyakit tanaman. Diharapkan informasi ini dapat memberikan gambaran yang luas tentang pestisida nabati dapat digunakan untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

Tabel 2. Analisa Deskriptif Hasil Penelitian

No.	Judul Penelitian dan Penulis	Jurnal	Kata Kunci	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Senyawa Alami sebagai Pendorong Ketahanan Tanaman terhadap Penyakit dan Strategi Pengendalian Hayati Baru Penulis: Agnieszka	Agronomi, 10 (2), 2020	Produksi tanaman, allicin, chitosan, laminarin, naringin, terpen, elisitor, ketahanan tanaman.	Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur	Penelitian ini menemukan bahwa bahan alami termasuk laminarin, naringin, dan allicin dapat menyebabkan resistensi tanaman yang didapat secara sistemik. Produksi fitoaleksin, fortifikasi dinding sel, dan peningkatan aktivitas

No.	Judul Penelitian dan Penulis	Jurnal	Kata Kunci	Metode Penelitian	Hasil Peneitian
	Jamiołkowska				enzim pertahanan adalah contoh respon pertahanan tanaman yang sangat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit.
2.	Ekstrak biji sebagai strategi efektif dalam pengendalian patogen tanaman: Senyawa bioaktif industri yang dapat diskalakan untuk pertanian berkelanjutan Penulis: Tamara Sanchez-Gomez, Oscar Santamaria, Jorge Martín-García, Jorge Poveda	Biokatalisis dan Bioteknologi Pertanian, 60 (2024).	Fitopatologi, Pengendalian hayati, Metabolit biji bioaktif, Ekstraksi senyawa benih, Biopestisida, Aplikasi skala besar	Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis untuk mengidentifikasi kasi, mengevaluasi, dan menganalisis artikel-artikel yang relevan	Ditemukan fitokimia yang kompleks dalam ekstrak biji. Berbagai jenis flavonoid, fitokimia antibakteri yang kuat ditemukan dalam ekstrak biji, dan berfungsi dapat menghentikan membran, menghentikan pembentukan biofilm, menghentikan pembentukan selubung sel, dan menghentikan sintesis asam nukleat. Penggunaan ekstrak metanol dari biji <i>Psoralea corylifolia</i> telah ditunjukkan untuk mengurangi jumlah penyakit pada bibit tomat yang disebabkan oleh transpor elektron <i>P. infestans</i> dan produksi ATP.

No.	Judul Penelitian dan Penulis	Jurnal	Kata Kunci	Metode Penelitian	Hasil Peneitian
3.	Pemanfaatan Beberapa Campuran Ekstrak Etanol Tumbuhan Obat Sebagai Antijamur Dalam Pengendalian Penyakit Busuk Batang Kacang Tanah Penulis: Herwita Idris, Anthoni Agustien, Mansyurdin	Journal Pre-Proof (2024)	Antijamur, Ekstrak etanol tanaman, Penyakit busuk batang, Kacang	Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap secara faktorial, dengan menggunakan 2 metode yaitu: (1) penekanan koloni menggunakan media Patato Dextrose Agar (2) penekanan biomassa koloni menggunakan media Potato Dextrose Broth. Perlakuan yang diuji adalah ekstrak etanol tanaman obat <i>Andrographis paniculata</i> , <i>Piper aduncum</i> ,	Secara kimiawi, <i>A. paniculata</i> mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, triterpenoid, dan saponin, sedangkan <i>P. aduncum</i> mengandung triterpenoid, steroid, tanin, alkaloid, dan flavonoid. <i>U. gambir</i> memiliki kandungan alkaloid seperti katekin, tanin/tannat, quercitin, dan flouresin. Semua bentuk pestisida yang didasarkan pada ekstrak etanol tanaman obat, baik tunggal, campuran, maupun sintetis, telah diuji dengan sangat baik dalam menghentikan pertumbuhan cendawan patogen <i>A. rolfsii</i> yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang pada kacang tanah secara <i>in vitro</i> .

No.	Judul Penelitian dan Penulis	Jurnal	Kata Kunci	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<i>Uncaria gambir</i>	
4.	Metabolit sekunder tanaman-pertahanan tanaman terhadap bakteri dan jamur patogen Penulis: Wenjuan Yang, Lu Zhang, Yong Yang, Haibo Xiang, dan Pingfang Yang	<u>Fisiologi dan Biokimia Tumbuhan</u> , 217 (2024)	Penyakit tanaman, Bakteri pathogen, Jamur pathogen, Metabolit sekunder tanaman (PSM)	Metode penelitian yang digunakan literatur review	Metabolit sekunder tanaman (PSM) adalah salah satu dari banyak mekanisme pertahanan yang dikembangkan tanaman, salah satunya adalah produksi terpen, fenolat, dan senyawa yang mengandung N dan S. PSM berkontribusi terhadap ketahanan tanaman terhadap penyakit.
5.	Tanaman dan aktivitas fitokimia sebagai pestisida botani untuk produksi tanaman pertanian berkelanjutan di India-MiniReview Penulis: Gengan Saravanan	<u>Journal of Agriculture and Food Research</u> , 9, (2022)	Pestisida nabati, Fitokimia, <i>Vitex tidak bertuan</i> , <i>Bunga Azadiracht a indica</i> , Insektisida	Tinjauan ini menyatukan informasi mengenai pestisida botani, komposisi <u>fitokimia</u> , dan pentingnya dalam produksi pertanian	Karakter pada tanaman memiliki banyak peran di sepanjang siklus hidupnya. Patogen telah berhasil diusir oleh tekstur jaringan, kristal, lateks, lilin, dan resin. Terpen, fenolat, dan senyawa dengan nitrogen (N) dan sulfur (S) adalah contoh metabolit sekunder yang melindungi tanaman dari tekanan abiotik, dan mikroorganisme patogen.

Pengendalian patogen dengan senyawa alami sangat menarik, dan aplikasi baru serta pendekatan molekuler membuka kemungkinan baru untuk strategi perlindungan tanaman. Melalui sintesis fitoaleksin dan penguatan dinding sel, bahan kimia seperti allicin, naringin, dan laminarin dapat meningkatkan sistem pertahanan tanaman, menurut penelitian tentang senyawa aktif tanaman sebagai pestisida nabati dalam resistensi tanaman. Molekul metabolit sekunder pada tanaman memiliki beragam fungsi, antara lain sebagai zat pengatur tumbuh, pelindung dari sinar UV, penarik organisme lain, melawan infeksi, dan beradaptasi dengan lingkungannya melalui alelopati (berkompetisi dengan tanaman lain) (Dewick, 2009; Kabera *et al.*, 2014).

3.1 Kehadiran Senyawa Alami Tanaman Melawan Penyakit

Sejumlah zat bioaktif telah diidentifikasi baru-baru ini, beberapa di antaranya membantu dalam pembuatan biopestisida nabati. Telah diketahui bahwa allicin memiliki kualitas antibakteri yang kuat. Allicin dapat menyebabkan sintesis fitoaleksin, yang merupakan zat yang bertindak sebagai pertahanan organik terhadap infeksi, pada tanaman yang sakit (Fitriyanti, 2014). Tanaman menghasilkan zat organik yang disebut naringin. Ini adalah salah satu glikosida flavanon jeruk yang paling umum dan sebagian besar terdapat pada epidermis lemon dan kulit *Citrus* L. serta daging buah dan biji jeruk bali. Terpen, kumarin, furanokumarin, dan glikosida endogen adalah beberapa di antara banyak zat aktif fisiologis yang ditemukan dalam ekstrak jeruk bali (Celiz *et al.*, 2011).

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa ekstrak jeruk bali dapat digunakan di lapangan untuk mengobati tanaman sayuran dan tanaman hias untuk penyakit busuk daun, alternariosis, dan fusariosis. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*, *P. cinnamomi*, *Phytophthora cryptogea*, dan penyakit pada tanaman kedelai (*Phomopsis phaseoli*, *Fusarium* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, dan *Phoma exigua*) termasuk di antara penyakit-penyakit tersebut (Saniewska & Jarecka, 2006). Laminarin yang diekstrak dari ganggang coklat *Laminaria digitata*, menyebabkan sejumlah respons pertahanan pada tanaman tembakau, termasuk penumpukan asam salisilat, stimulasi fenilalanin amonia lyase, dan asam kafeat O-metiltransferase dan lipoksigenase. Selain itu, beberapa glukukan telah terbukti meningkatkan pertahanan terhadap kuman dan virus. Laminarin berfungsi dengan memicu jalur sinyal pada tanaman yang meningkatkan produksi molekul pertahanan seperti lignin dan fitoaleksin, yang memperkuat dinding sel dan menghambat perkembangan pathogen (Aziz *et al.*, 2003).

3.2 Kehadiran Senyawa Fitoaleksin

Fitoaleksin adalah molekul fenolik yang juga terbukti memiliki sifat antibakteri dalam pertahanan tanaman. Zat yang dilepaskan tanaman ke lingkungan tempat mereka tumbuh disebut fitoaleksin. Zat yang ditemukan dalam fitoaleksin adalah terpenoid, glukokortikoid, dan alkaloid. Senyawa ini adalah kelas bahan kimia yang sering ditemukan dengan aktivitas antibakteri dan lipofilisitas tertentu. Menggabungkan kemampuan kerusakan metabolisme, menunda pematangan, penghancuran dinding sel, atau menghentikan penyebaran patogen. Fitoaleksin ini membantu tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan penyakit dengan mengeraskan dinding sel tanaman dan mencegah pertumbuhan mikroba (Arruda *et al.*, 2016).

3.3 Kehadiran Senyawa Metabolit Sekunder

Kombinasi ekstrak etanol tanaman obat juga menunjukkan harapan besar dalam mengelola jamur penyebab busuk batang kacang tanah. Dengan memungkinkan pengelolaan pertanian yang berkelanjutan melalui penggunaan pestisida nabati berdasarkan fitokimia, metabolit sekunder seperti terpen, alkaloid, tanin, saponin, flavonoid, dan fenolat berfungsi sebagai mekanisme pertahanan utama terhadap infeksi.

Didalam buah, akar, daun, dan kulit luar batang mengandung flavonoid (Worotikan, 2011). Telah dibuktikan bahwa flavonoid secara efisien menekan infeksi seperti *P. infestans* (Sanchez-Gomez, 2024). Menurut Munaha *et al.* (2023), flavonoid adalah bahan kimia polifenol dengan kualitas antibakteri dan antioksidan yang kuat. Mereka bekerja dengan mengganggu permeabilitas membran sel jamur, yang menghentikan perkembangbiakan patogen, termasuk jamur. Produksi dinding sel jamur dihambat oleh senyawa flavonoid (Chatrati *et al.*, 2022). Zat ini memiliki kemampuan untuk menonaktifkan enzim-enzim penting yang dibutuhkan oleh infeksi untuk bertahan hidup dan berkembang biak (Nugraha *et al.*, 2017). Selain itu, denaturasi protein ini juga berdampak pada terganggunya fungsi membran sel, yang pada akhirnya meningkatkan permeabilitasnya dan menyebabkan kerusakan pada sel jamur (Putra *et al.*, 2021). Menurut penelitian Lathifah *et al.* (2022) komponen flavonoid utama ditemukan pada daun sukun. Flavonoid dapat memecah membran sel mikroba dan mencegah jamur berbahaya pembentukan konidia.

Senyawa alkaloid bekerja sebagai antifungi dengan cara menyebabkan kerusakan membran sel jamur (Setiabudy & Bahry, 2007). Senyawa tanin bekerja sebagai antijamur dengan mencegah pembentukan ergosterol, komponen sterol utama dari membran sel jamur

(Hong *et al.*, 2011). Menurut Mustikasari dan Ariyani (2010), senyawa tanin bekerja sebagai antimikroba dengan cara memecah dinding sel mikroorganisme. Menurut Yanti *et al.* (2016), tanin memiliki sifat antiseptik dan antioksidan selain kemampuannya untuk secara efektif menghentikan pertumbuhan atau menghancurkan jamur. Tanin dapat mendenaturasi protein dan menurunkan tegangan permukaan, yang merupakan antiseptik alami dalam menghentikan pertumbuhan mikroorganisme (Djohan *et al.*, 2022). Senyawa terpenoid bekerja dengan menurunkan tingkat permeabilitas membran sel mikroba, yang berdampak pada fungsi fisiologis protein membran sel (Tri Setyo *et al.*, 2015). Struktur polar saponin memungkinkan mereka untuk memecah lemak di membran sel, yang pada akhirnya dapat mengganggu permeabilitas membran. Sel jamur dapat membesar atau bahkan pecah sebagai akibat dari terganggunya proses difusi nutrisi atau senyawa yang dibutuhkan jamur (Suranto, 2011). Menurut Agarwal (2011), senyawa fenol berfungsi sebagai antijamur dengan cara mendenaturasi dinding sel jamur.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa aktif tanaman seperti fenol, flavonoid, alkaloid, tanin, terpen, naringin, laminarin, allicin, dan kitosan dapat secara efektif menghambat pertumbuhan patogen tanaman. Zat-zat tersebut bekerja melalui beberapa mekanisme, seperti mengganggu membran sel patogen, mengganggu metabolisme, dan menghambat aktivitas enzim yang penting bagi patogen. Kitosan dan laminarin berperan sebagai pemicu untuk meningkatkan respon pertahanan tanaman, sedangkan allicin dan flavonoid memiliki sifat antimikroba yang kuat. Penggunaan pestisida nabati yang terbuat dari bahan fitokimia ini tidak hanya dapat mengendalikan penyakit tanaman secara efektif, tetapi juga mendukung praktik pertanian organik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi mekanisme kerja spesifik senyawa aktif dalam mengendalikan berbagai patogen tanaman, termasuk efektivitasnya pada skala lapangan. Selain itu, pengembangan formulasi pestisida nabati yang lebih stabil dan aplikatif perlu dilakukan untuk meningkatkan daya tahan

dan efisiensinya. Uji toksisitas serta dampak jangka panjang terhadap ekosistem dan kesehatan manusia juga menjadi aspek penting dalam pengembangan pestisida nabati sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan pestisida sintetis.

5. REFERENSI

- Agarwal, A. D. (2011). Pharmacological activities of flavonoids: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology*, 4(2), 1394-1398.
- Arruda, R. L., Paz, A. T. S., Bara, M. T. F., Côrtes, M. V. C. B., Filippi, M. C. C. de, & Conceição, E. C. da. (2016). An approach on phytoalexins: Function, characterization and biosynthesis in plants of the family Poaceae. *Ciência Rural*, 46(7).
- Aziz, A., Poinssot, B., Daire, X., Adrian, M., Bézier, A., Lambert, B., Joubert, J. M., & Pugin, A. (2003). Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16(12), 1118–1128.
- Celiz, G., Daz, M., & Audisio, M. C. (2011). Antibacterial activity of naringin derivatives against pathogenic strains. *Journal of Applied Microbiology*, 111(6), 731-738.
- Chatri, M., Jumjunidang, A., Aini, Z., & Suryendra, F. D. (2022). Aktivitas antifungi ekstrak daun *Melastoma malabathricum* terhadap *Fusarium oxysporum* dan *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(3), 395-401.
- Dewick, P. M. (2009). *Medicinal natural products: A biosynthetic approach* (3rd ed.). West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Djohan, H., Sugito, & Sutriswanto. (2022). Daya hambat air perasan daun pucuk merah (*Syzygium oleana*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 5(2), 34–38.
- Dubey, N. K., Shukla, R., Kumar, A., Singh, P., & Prakash, B. (2010). Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. *Current Science*, 98(1), 121–129.
- Fitriyanti, D. (2014). Suatu tinjauan tentang respon ketahanan tanaman terhadap infeksi dari nematoda parasit tanaman. *Agroscientiae*, 21(1), 48–53.
- Hasibuan, M., Manurung, E. D., & Nasution, L. Z. (2021). Membangun sinergi antar perguruan tinggi dan industri pertanian dalam rangka implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka: Pemanfaatan daun mimba (*Azadirachta indica*) sebagai pestisida nabati (Review). *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 5(1), 1153–1158.
- Hong, L. S., Ibrahim, D., Kassim, J., & Sulaiman, S. (2011). Gallic acid: An anticandidal compound in hydrolysable tannin extracted from the barks of *Rhizophora apiculata* Blume. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(6), 75–79.
- Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., & He, X. (2014). Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377–392.
- Lathifah, S., Chatri, M., Advinda, L., & Anhar, A. (2022). Potensi ekstrak daun sukun

- (*Artocarpus altilis* Park.) sebagai antifungi terhadap pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*. *Serambi Biologi*, 7(3).
- Marbun, R. A. T. (2021). Uji aktivitas ekstrak daun pirdot (*Saurauia vulcani* Korth.) terhadap pertumbuhan *Candida albicans* secara *in vitro*. *Bios Logos*, 11(1), 1–6.
- Muntaha, H., Sunardi, & Ngatirah. (2023). Aktivitas penghambatan ekstrak etanol biji asam gelugur (*Garnicia atroviridis*) terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 1030–1040.
- Mustikasari, K., & Ariyani, D. (2010). Skrining fitokimia ekstrak metanol biji kalangkala (*Litsea angulata*). *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 4(2), 131–136.
- Nugraha, A. C., Prasetya, A. T., & Mursiti, S. (2017). Isolasi, identifikasi, uji aktivitas senyawa flavonoid sebagai antibakteri dari daun mangga. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 92–96.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Putra, Y. I., As'ari, H., & Kurnia, T. I. D. (2021). Uji aktivitas antifungal ekstrak daun Johar (*Cassia siamea* Lamk) terhadap pertumbuhan fungi *Phytophthora palmivora*. *BIOSENSE*, 4(2), 1–8.
- Rampe, H. L., Umboh, S. D., Rumondor, M. J., & Rampe, M. J. (2019). Pemanfaatan elisitor ekstrak tumbuhan dalam budidaya tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.). *VIVABIO*, 1(1), 26–33.
- Saniewska, A., & Jarecka, A. (2006). Pengaruh flavonoid jeruk bali endogen (*Citrus paradisi* Macf.) terhadap pertumbuhan dan perkembangan dua bentuk khusus *Fusarium oxysporum* Schlecht. *Progress in Plant Protection*, 46(4), 517–520.
- Setiabudy, R., & Bahry, B. (2007). *Farmakologi dan terapi: Obat jamur* (Edisi 5). Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Setiawan, Y.A., & Bernik, M. (2019). Penyuluhan dampak penggunaan pestisida dan pengendalian kualitas produk bagi masyarakat Desa Pamekaran, Sumedang, Jawa Barat. Bandung. *JPM*, 1(2), 26 – 38.
- Singkoh, M. F. O., & Deidy, K. Y. (2019). Bahaya pestisida sintetik (Sosialisasi dan pelatihan bagi wanita kaum ibu Desa Koka Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa). *Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia*, 1(1).
- Suranto, A. (2011). *Dasyatnya sirsak tumpas penyakit*. Jakarta: Pustaka Bunda.
- Taofik, M., Yulianti, E., Barizi, A., & Hayati, E. K. (2010). Isolasi dan identifikasi senyawa aktif ekstrak air daun paitan (*Thitonia diversifolia*) sebagai bahan insektisida botani untuk pengendalian hama tungau (Eriophyidae). *Alchemy*, 2(1), 149–157.
- Tampubolon, K., Sihombing, F. N., Purba, Z., Samosir, S. T. S., & Karim, S. (2018). Potensi metabolit sekunder gulma sebagai pestisida nabati di Indonesia. *Jurnal Kultivasi*, 17(3), 683–693.
- Tri Setyo, B., Ika, Y. A., & Binar, A. D. (2012). Aktivitas antifungi krim daun ketepeng cina



- (*Senna alata* L. Roxb.) terhadap *Trichophyton mentagrophytes*. *Pharmacy: Jurnal Farmasi Indonesia*, 9(3), 56–64.
- Yanti, N., Samingan, & Mudatsir. (2016). Uji aktivitas antifungi ekstrak etanol gal manjakani (*Quercus infectoria*) terhadap *Candida albicans*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1), 1–9.
- Worotikan, D. E. (2011). Efek buah lemon cui (*Citrus microcarpo*) terhadap kerusakan lipida pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) mentah. (Skripsi, Universitas Sam Ratulangi).