

Literatur Review : Fenol dan Alkaloid: Senyawa Alami pada Tumbuhan yang Ampuh Menghambat Pertumbuhan Patogen pada Tanaman.

Zakila Azzahra¹, Moralita Chatri², Deni Emilda³, Azwir Anhar⁴, Dezi Handayani⁵

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

*Corresponding author: azzahrazakila15@gmail.com

ABSTRACT

Natural compounds in plants such as phenols and alkaloids can protect plants from disease-causing pathogens. Phenol, which consists of flavonoids, tannins, and lignin, has the ability to damage the cell membrane of pathogens or stop the activity of their vital enzymes. Meanwhile, alkaloids, such as solanine and berberine, are known to have harmful properties against various pathogens, including fungi, bacteria, and viruses, through a process that blocks DNA, RNA, or protein synthesis. Research shows that phenols and alkaloids present in plant tissues not only provide direct protection, but also help induce induced systemic resistance. In this article, various studies related to the function of phenols and alkaloids as natural antimicrobial compounds, the way they stop pathogens, and the possibility of them being used as environmentally friendly biological control agents are investigated. With a deeper understanding, these compounds have the opportunity to become innovative solutions in the sustainable management of plant diseases.

Keywords : : Phenol, Alkloids and Pathogen Control.

ABSTRAK

Senyawa alami pada tumbuhan seperti fenol dan alkaloid dapat melindungi tanaman dari patogen penyebab penyakit. Fenol, yang terdiri dari flavonoid, tanin, dan lignin, memiliki kemampuan untuk merusak membran sel patogen atau menghentikan aktivitas enzim vitalnya. Sedangkan alkaloid, seperti solanin dan berberin, dikenal memiliki sifat berbahaya terhadap berbagai patogen, termasuk jamur, bakteri, dan virus, melalui proses yang menghalangi sintesis DNA, RNA, atau protein. Penelitian menunjukkan bahwa fenol dan alkaloid yang ada dalam jaringan tanaman tidak hanya memberikan perlindungan langsung, tetapi juga membantu menginduksi ketahanan sistemik yang terinduksi. Dalam artikel ini, diselidiki berbagai penelitian yang berkaitan dengan fungsi fenol dan alkaloid sebagai senyawa antimikroba alami, cara mereka menghentikan patogen, dan kemungkinan mereka digunakan sebagai agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan. Dengan pemahaman yang lebih mendalam, senyawa ini berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan penyakit tanaman secara berkelanjutan.

Kata kunci : Fenol, Alkloid dan Pengendalian Patogen

PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, sebagian besar masyarakat Indonesia mengandalkan sektor pertanian untuk memenuhi kebutuhannya, terutama kebutuhan pokok. Lahan pertanian diolah dan ditanami dengan tanaman padi kemudian disertai dengan tanaman palawija (Putri *et al.*, 2022). Patogen tanaman seperti jamur, bakteri, dan virus menjadi tantangan besar bagi pertanian baik konvensional maupun modern, yaitu dapat mengurangi hasil panen dan kualitas produk (Soesanto *et al.*, 2016). Penggunaan senyawa alami yang dihasilkan oleh tumbuhan, seperti alfa-mangostin, flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, polifenol, triterpenoid, dan alkaloid memiliki sifat anti-jamur (Makhfirah *et al.*, 2020). Penelitian terbaru berfokus pada eksplorasi senyawa antimikroba alami untuk memerangi mikroorganisme patogen. Sifat antimikroba yang kuat dari senyawa-senyawa ini dapat membantu melindungi tubuh secara alami dari serangan patogen (Liana, 2010).

Fenol, senyawa organik yang ditemukan dalam berbagai tumbuhan, memiliki sifat antimikroba yang kuat terhadap beberapa jenis bakteri (Aisyah *et al.*, 2019). Sebaliknya, Alkaloid, merupakan metabolit sekunder lainnya, memainkan peran penting dalam melindungi tanaman. Mereka juga dapat bertindak sebagai agen pengendali hayati yang baik untuk melawan patogen dan hama (Tanfil *et al.*, 2023). Studi terbaru menunjukkan bahwa kombinasi fenol dan alkaloid dapat meningkatkan efisiensi pengendalian patogen, memberikan alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan daripada pestisida kimia (Harni *et al.*, 2013).

Dengan kemajuan dalam bioteknologi tanaman baru-baru ini, ada cara baru untuk memahami dan mengubah jalur metabolit sekunder, terutama alkaloid dan fenol. Penelitian telah menjelaskan biosintesis, regulasi, dan lokasi sel alkaloid, dan telah menunjukkan jalur yang rumit yang mencakup banyak jenis sel dan subsel (Facchini, 2001). Para peneliti dapat meningkatkan kandungan senyawa-senyawa ini untuk mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap patogen dengan menggunakan teknik bioteknologi. Hal ini dapat meningkatkan ketahanan tanaman dan meningkatkan keberlanjutan sistem (Ajjah, 2022). Oleh karena itu, penelitian tentang fenol dan alkaloid sangat penting untuk mengembangkan obat baru untuk mengobati penyakit tanaman.

Tujuan dari artikel ini adalah untuk melihat bagaimana fenol dan alkaloid, dua senyawa alami, dapat menghentikan pertumbuhan patogen pada tanaman. Diharapkan bahwa pemahaman tentang cara senyawa-senyawa ini bekerja dan dapat digunakan dapat membantu mengembangkan metode pengendalian penyakit tanaman yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dalam tinjauan ini, kami akan membahas berbagai penelitian terbaru yang menunjukkan sifat fenol dan alkaloid yang efektif, serta kesulitan dan peluang saat ini untuk menerapkannya di lapangan.

METODE PENELITIAN

Artikel ini disusun berdasarkan tinjauan literatur yang komprehensif mengenai fenol dan alkaloid sebagai senyawa alami yang efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman. Kriteria pemilihan literatur mencakup artikel yang diterbitkan dalam 5 tahun terakhir, berfokus pada efek antimikroba fenol dan alkaloid, serta diterbitkan dalam jurnal peer-reviewed. Pencarian dilakukan melalui database seperti Google Scholar, PubMed, dan Scopus dengan menggunakan kata kunci seperti "fenol dan patogen tanaman," "alkaloid sebagai agen antimikroba," dan "sifat antimikroba senyawa alami."

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan utama dari literatur yang ditinjau mengenai efektivitas fenol dan alkaloid dalam menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman. Berikut pada tabel dibawah ini merupakan beberapa keberhasilan senyawa alami fenol dan alkaloid dalam menghambat pertumbuhan patogen.

Table 1. Ringkasan deskripsi data dari studi yang didapatkan.

Judul	Penulis/Tahun	Metode	Hasil
Aktivitas Senyawa Dalam Buah Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>) Sebagai Antibakteri Alami Untuk penghambatan Bakteri Penyebab Mastitis	Purwantiningsih et al., 2019.	Ekstraksi buah mengkudu, Pembuatan larutan ekstrak buah mengkudu, Uji kualitatif senyawa fenol, Uji total fenol, Penetapan uji total fenol, dan Uji daya hambat bakteri.	Buah mengkudu mengandung senyawa fenol dan flavonoid yang dapat berfungsi sebagai antibakteri alami dengan kandungan fenol paling tinggi diperoleh dari buah mengkudu matang. Uji daya hambat bakteri menunjukkan bahwa larutan

			komersial B mempunyai zona penghambat Staphylococcus aureus lebih baik, dibandingkan daya hambat ekstrak buah mengkudu dan larutan komersial A. Ekstrak buah mengkudu dapat digunakan sebagai larutan untuk celup puting yang aman karena mengandung antibakteri alami dengan daya hambat yang tidak berbeda nyata dengan larutan komersial A.
Alisin dan Polifenol sebagai Fungisida Organik Potensial untuk Menekan Pertumbuhan Patogen Penyebab Penyakit Bercak Daun Kelapa Sawit.	Yusup <i>et al.</i> , 2023.	enyawa alisin yang digunakan pada penelitian ini berasal dari ekstrak bawang putih segar yang dilarutkan dengan menggunakan air steril. Sedangkan untuk polifenol berasal dari asap cair yang diperoleh dari hasil pembakaran tempurung dan sabut kelapa melalui proses pirolisis. Isolat patogen bercak daun kelapa sawit yang digunakan adalah <i>Curvularia</i> sp. yang berasal dari Sanggau, Kalimantan Barat dan <i>Pestalotiopsis</i> sp. yang berasal dari Merauke, Papua Selatan. Isolat diisolasi langsung dari daun bibit kelapa sawit yang kemudian dimurnikan. Pengujian dilakukan secara in vitro dengan menggunakan metode peracunan agar (Adhikari <i>et al.</i> , 2018). I	Senyawa alisin dan polifenol memiliki aktivitas antifungal terhadap cendawan patogen penyebab penyakit bercak daun kelapa sawit. Alisin efektif untuk menghambat pertumbuhan <i>Curvularia</i> sp. secara total pada konsentrasi rendah, sedangkan terhadap <i>Pestalotiopsis</i> sp. diperlukan konsentrasi yang sedikit lebih tinggi. Polifenol memerlukan konsentrasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan alisin untuk mengendalikan baik <i>Pestalotiopsis</i> sp. maupun <i>Curvularia</i> sp.
Uji Efektifitas Kombinasi Madu dan Patikan Kerbau (<i>Euphorbia hirta</i>) pada Berbagai Perbandingan Terhadap Bakteri <i>Vibrio Alginolyticus</i>	Pingga <i>et al.</i> , 2024.	Persiapan Kombinasi Madu dan Patikan Kerbau (<i>Euphorbia hirta</i>), Skrining Fitokimia Kombinasi Madu dan Patikan Kerbau (<i>Euphorbia hirta</i>), Uji Efektivitas Madu dan Patikan Kerbau (<i>Euphorbia hirta</i>).	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dalam kombinasi madudan patikan kerbau (<i>E. hirta</i>) mengandung senyawa aktif berupa alkaloid, flavonoid, fenol, tannin, saponin dan terpenoid yang bersifat antibakteri. Perbandingan kombinasi yang paling optimal dalam menghambat

			pertumbuhan bakteri <i>V. alginolyticus</i> yaitu pada perlakuan C dengan perbandingan 2 : 1 menghasilkan zona hambat sebesar 25,5 mm. Hal ini dikarenakan pada perlakuan ini jumlah perbandingan madu lebih banyak daripada patikan kerbau (<i>E. hirta</i>), dimana sifat antibakteri madu didukung oleh ketiga faktor yakni tingginya kandungan gula, pH yang bersifat asam, dan senyawa hidrogen peroksida yang bersifat sitotoksik terhadap bakteri <i>alginolyticus</i> .
Pengaruh Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Endofit Tumbuhan <i>Cotylelobium melanoxylon</i> Dalam Menghambat Pertumbuhan Mikroba Patogen.	Nurhidayah <i>et al.</i> , 2019.	Sterilisasi permukaan, Fermentasi Jamur Endofit, Ekstraksi Media Fermentasi, Persiapan Mikroba Uji, Pengujian Aktivitas Biokimia.	Ekstrak jamur yang digunakan diperoleh dari hasil fermentasi yang dilakukan selama 30 hari, ekstrak jamur endofit dapat menghambat pertumbuhan mikroba patogen yaitu pada jamur <i>Candida albicans</i> dengan diameter zona hambat sebesar 10,3 mm yang dimana ekstrak jamur endofit ini mengandung senyawa metabolit berupa alkaloid dan flavonoid.

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa, Fenol dari buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, bakteri penyebab mastitis pada sapi perah (Purwantiningsih *et al.*, 2019). Menurut Yang *et al.* (2011), buah mengkudu mengandung fenol dan flavonoid, yang merupakan antibakteri alami, dan buah mengkudu yang matang memiliki kadar fenol tertinggi. Ini berarti bahwa ketika buah mengkudu matang, kandungan total fenolnya meningkat seiring dengan kematangan. Sebagai desinfektan, fenol telah dipelajari secara menyeluruh untuk menunjukkan sifat antibakterinya yang luas terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif (Oliver *et al.*, 2001). Menurut Rohman *et al.* (2006), konsentrasi senyawa fenol pada buah mengkudu berkisar antara 5,94 hingga 36,52 gram per 100 gram bahan kering.

Allicin dan polifenol menunjukkan potensi sebagai fungisida organik untuk melawan patogen bercak daun kelapa sawit, dengan allicin menunjukkan aktivitas antijamur yang lebih tinggi (Yusup *et al.*, 2023). Faktor mode aksi (MoA) bahan aktif dan perbedaan genetik cendawan target berkontribusi pada perbedaan tingkat penghambatan (Arastehfar *et al.*, 2020). Sifat antifungal dari senyawa allicin dan polifenol melawan cendawan patogen yang menyebabkan penyakit bercak daun kelapa sawit. Berdasarkan nilai LC50, polifenol memerlukan konsentrasi yang jauh lebih tinggi daripada allicin untuk mengendalikan baik *Pestalotiopsis sp.* maupun *Curvularia sp.*, tetapi allicin menghambat pertumbuhan *Curvularia sp.* secara keseluruhan pada konsentrasi rendah. Gabungan kedua senyawa ini mampu menghentikan pertumbuhan cendawan penyebab penyakit bercak daun dengan sangat baik. Kedua senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan aktif untuk fungisida organik (Yusup *et al.*, 2023).

Kombinasi madu dan ekstrak *Euphorbia hirta* yang kaya akan alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, saponin, dan terpenoid menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Vibrio alginolyticus* (Pingga *et al.*, 2024). Hasil uji skrining fitokimia menunjukkan bahwa kombinasi sifat antibakteri madu dan patikan kerbau (*E. hirta*) didukung oleh adanya senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, tanin, fenol, saponin, dan terpenoid. Senyawa-senyawa aktif ini memiliki mekanisme antibakteri yang dapat menghentikan pertumbuhan bakteri, seperti bakteri *Vibrio alginolyticus*, yang mengakibatkan kematian bakteri melalui penghentian pembentukan lapisan dinding sel (Agustin *et al.*, 2018). Flavonoid, sebagai antibakteri dari golongan fenol, memiliki kemampuan untuk merusak membran sel, menyebabkan keluarnya zat terlarut seperti ATP, asam nukleat, dan protein. Zat-zat ini sangat penting untuk metabolisme bakteri, dan kegagalan mereka pada akhirnya dapat menyebabkan kematian sel (Weng *et al.*, 2023).

Jamur endofit yang diisolasi dari *Cotylelobium melanoxylon* menghasilkan metabolit sekunder yang mengandung alkaloid dan flavonoid, yang efektif menghambat mikroba patogen, terutama *Candida albicans* (Nurhidayah *et al.*, 2019). Fermentasi jamur endofit dalam media cair lebih efisien dalam menghasilkan biomassa dan senyawa bioaktif daripada fermentasi dalam media padat setelah proses seleksi jamur endofit yang berpotensi

selesai. Ekstrak dari isolat jamur endofit mengandung senyawa metabolit sekunder (Pokhrel dan Ohga, 2007; Yan et al., 2010).

KESIMPULAN

Senyawa alkaloid dan fenol menunjukkan potensi besar dalam mengendalikan patogen penyakit tanaman. Alkaloid dapat berfungsi sebagai agen antibakteri dan antifungi yang efektif, sementara fenol berperan dalam memperkuat mekanisme pertahanan tanaman dan memiliki sifat antimikroba yang kuat. Penelitian lebih lanjut dan pengembangan senyawa ini dapat memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dan efektif dalam pengendalian penyakit tanaman. Dan penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi aplikasi praktisnya dalam pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, B. A., Puspawaty, N., & Rukmana, R. M. (2018). Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanolik Daun Beluntas (*Pluchaea indica* Less.) dan Meniran (*Phyllanthus niruri* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Biomedika*, 11(2), 79–87
- Aisyah, L. Jasmansyah, Purbaya, S. Resnawati, T. 2019. Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Fenol Ekstrak Etil Asetat Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *sunti*). *Jurnal Kartika Kimia*, 2(1), 44-50.
- Ajjjah, N. 2022. Peningkatan Produksi Metabolit Sekunder Terpenoid Melalui Pendekatan Genetik dan Bioteknologi / Increasing Production of Secondary Metabolite Terpenoid through Genetic and Biotechnological Approaches. *Perseptif*.
- Arastehfar, A., Lass-Flörl, C., Garcia-Rubio, R., Daneshnia, F., Ilkit, M., Boekhout, T., Gabaldon, T., & Perlin, D. S. (2020). The quiet and underappreciated rise of drug-resistant invasive fungal pathogens. *Journal of Fungi*, 6(3), 138.

- Facchini, P. J. 2001. Alkaloid Biosynthesis in Plants : Biochemistry, Cell Biology, Molecular Regulation, and Metabolic Engineering Applications. *Annual review of plant biology*, 52:29–66.
- Harni, R., Amaria, W., Supriadi, S. 2013. Keefektifan Beberapa Formula Fungisida Nabati Eugenol dan Sitronella terhadap *Phytophthora palmivora* Bult. Asal Kakao. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 4 (1): 11-18.
- Liana, D. 2010. *Aktivitas Antimikroba Fraksi dari Ekstrak Metanol Daun Senggani (Melastoma candidum D. Don) Terhadap Staphylococcus aureus Dan Salmonella typhimurium Serta Profil Kromatografi Lapis Tipis Fraksi Teraktif*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Makhfirah, N., Fatimatuzzahra, C., Mardina, V., dan Hakim, R. F. 2020. Pemanfaatan Bahan Alami Sebagai Upaya Penghambat *Candida albicans* Pada Rongga Mulut. *Jurnal Jeumpa*, 7 (2).
- Nurhidayah , Hasanah, U., dan Idramsa. 2019. Pengaruh Ekstrak Metabolit Sekunder Jamur Endofit Tumbuhan *Cotylelobium melanoxydon* Dalam Menghambat Pertumbuhan Mikroba Patogen. *Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya*.
- Oliver, S. P., B. E. Gillespie, M. J. Lewis, S. J. Ivey, R. A. Almeida, D. A. Luther, D. L. Johnson, K. C. Lamar, H. D. Moorehead and H. H. Dowlen. 2001. Efficacy of a new premilking teat disinfectant containing a phenolic combination for the prevention of mastitis. *J. Dairy Sci.* 84: 1545-1549.
- Purwantiningsih, T. I., Suranindyah, Y. Y., dan Widodo. 2019. Aktivitas Senyawa Dalam Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*) Sebagai Antibakteri Alami Untuk penghambatan Bakteri Penyebab Mastitis. *Buletin Peternakan*, 38(1): 59-64.
- Pingga, O. M., Salosso, Y., Sunadji. 2023. Uji Efektifitas Kombinasi Madu dan Patikan Kerbau (*Euphorbia hirta*) pada Berbagai Perbandingan Terhadap Bakteri *Vibrio Alginolyticus*. *Jurnal Perikanan*, 13 (3), 846-853

- Putri, M. E., Sumarmin, R., & Putri, D. H. (2022). *Cotesia rubecula* Feeding Strategy as a Biocontrol Parasitoid : A Review. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 14(2), 67–72.
- Rohman, A., S. Riyanto, dan D. Utari. 2006. Aktivitas antioksidan, kandungan fenol total dan kandungan flavonoid total ekstrak etil asetat buah mengkudu serta fraksi-fraksinya. *Majalah Farmasi Indonesia* 17: 136-142.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, dan R. F. Rahayuniati. 2016. Inventarisasi dan Identifikasi Patogen Tular-tanah pada Pertanaman Kentang di Kabupaten Purbalingga. *Journal Hortikultura*, 21(3).
- Tanfil. A. T., Alfianna, W., Situmorang, I. M. B. 2023. Alkaloid : Golongan Senyawa Dengan Segudang Manfaat Farmalogis. *Jurnal Ilmiah PANNMED (Pharmacist Analyst Nurse Nutrition Midwivery Environment Dentist)*, 18(1):37-42.
- Weng, Z., Zeng, F., Wang, M., Guo, S., Tang, Z., Itagaki, K., Lin, Y., Shen, X., Cao, Y., Duan, J. ao, & Wang, F. (2023). Antimicrobial activities of lavandulylated flavonoids in *Sophora flavences* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* via membrane disruption. *Journal of Advanced Research*.
- Yang, J., R. Gadi and T. Thomson. 2011. Antioxidant capacity, total phenol and ascorbic acid content of noni (*Morinda citrifolia*) fruits and leaves at various stages of maturity. *Micronesica* 41: 167-176.
- Yusup, C. A., Eris, D.D., dan Priwiratam, H. 2023. Alisin dan Polifenol sebagai Fungisida Organik Potensial untuk Menekan Pertumbuhan Patogen Penyebab Penyakit Bercak Daun Kelapa Sawit. *Warta PPKS*, 28(3): 146-153