

Alkaloid: Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan dan Potensinya terhadap Pengendalian Penyakit pada Tanaman

Shalsa Billa Firdaus Tanjung¹, Moralita Chatri²

^{1,2}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Padang
e-mail: shalsabillaaa20@gmail.com

Abstrak

Penurunan produksi tanaman merupakan salah satu dampak utama yang disebabkan oleh serangan patogen. Upaya pengendalian dengan pestisida kimia yang digunakan berisiko memicu resistensi patogen serta menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan alkaloid sebagai pestisida nabati. Penelitian ini bertujuan untuk mengulas potensi alkaloid terhadap pengendalian penyakit tanaman berdasarkan kajian literatur. Metode yang digunakan adalah literature review dengan menganalisis berbagai referensi ilmiah terkait senyawa alkaloid dalam pengendalian penyakit tanaman. Hasil kajian menunjukkan bahwa alkaloid berperan sebagai agen pertahanan alami yang memiliki efektivitas tinggi dalam menghambat pertumbuhan patogen penyebab penyakit tanaman, seperti *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum* sp., dan *Phytophthora* sp. Dengan efektivitas yang tinggi, alkaloid berpotensi menjadi bahan aktif pestisida nabati untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: *Alkaloid, Metabolit Sekunder, Pengendalian Penyakit Tanaman*

Abstract

The decline in crop production is one of the main impacts caused by pathogen attack. Control efforts with chemical pesticides used are at risk of triggering pathogen resistance and causing environmental pollution. Therefore, more environmentally friendly control alternatives are needed, one of which is through the use of alkaloids as botanical pesticides. This study aims to review the potential of alkaloids for controlling plant disease based on a literature review. The method used is a literature review by analyzing various scientific references related to alkaloid compounds in controlling plant diseases. The results of the study show that alkaloids act as natural defense agents that have high effectiveness in inhibiting the growth of pathogens that cause plant diseases, such as *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum* sp.,

and *Phytophthora* sp. With high effectiveness, alkaloids have the potential to be active ingredients in botanical pesticides to support sustainable agriculture.

Keywords : *Alkaloids, Secondary Metabolites, Plant Disease Control*

PENDAHULUAN

Produksi tanaman seringkali menghadapi tantangan akibat serangan patogen yang menyebabkan penyakit tanaman. Serangan patogen pada tanaman tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga dapat mengancam ketahanan pangan apabila tidak dikendalikan dengan strategi pengendalian yang tepat. Penggunaan pestisida kimia banyak digunakan oleh petani untuk pengendalian penyakit tanaman karena efektivitasnya yang cepat dalam mengatasi serangan hama dan penyakit. Namun, penggunaan pestisida kimia secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti meningkatnya resistensi hama dan patogen, memicu munculnya hama atau penyakit baru (resurgensi) dan pencemaran lingkungan (Sumartini, 2016). Sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif pestisida kimia, diperlukan alternatif pengendalian penyakit tanaman yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan pemanfaatan pestisida nabati (Mumpuni *et al.*, 2023).

Pestisida nabati mengandung senyawa metabolit sekunder yang berperan sebagai bahan aktif dalam pengendalian hama dan patogen. Senyawa ini dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses biosintesis senyawa metabolit primer (Putri, 2015). Beberapa senyawa yang tergolong ke dalam kelompok metabolit sekunder adalah alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid saponin dan lain-lain (Riska *et al.*, 2013). Pada tumbuhan, senyawa-senyawa ini memiliki fungsi sebagai atraktan (menarik organisme lain), perlindungan dan adaptasi terhadap lingkungan, pelindung terhadap sinar ultraviolet, zat pengatur tumbuh, sebagai alelopati (untuk bersaing dengan tanaman lain) serta sebagai mekanisme pertahanan terhadap serangan patogen (Dewick, 2009; Kabera *et al.*, 2014).

Salah satu kelompok metabolit sekunder yang diketahui memiliki aktivitas sebagai antimikroba adalah alkaloid. Alkaloid merupakan metabolit khusus yang terbentuk secara alami dengan nitrogen sebagai elemen utama struktur kimianya (Ramadhan & Hakim, 2023). Senyawa ini dapat ditemukan di berbagai bagian tumbuhan, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit batang. Mekanisme kerja antimikroba alkaloid melibatkan penghambatan kerja enzim esterase, DNA, RNA polymerase dan respirasi sel serta berperan dalam interkalasi DNA (Aniszewki, 2007). Selain itu, alkaloid juga berperan sebagai antifungi dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel jamur sehingga menghambat pembentukan dinding sel dan menyebabkan kematian sel (Sari *et al.*, 2022). Dengan aktivitas antimikroba yang dimiliki, alkaloid berpotensi sebagai pestisida nabati yang lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan pestisida kimia. Penulisan artikel ini bertujuan untuk mengulas lebih lanjut mengenai senyawa alkaloid sebagai salah satu

metabolit sekunder pada tumbuhan serta potensinya terhadap pengendalian penyakit tanaman.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode literature review, yaitu metode untuk menganalisis berbagai informasi dari literatur yang relevan terkait potensi senyawa metabolit sekunder alkaloid dalam pengendalian penyakit tanaman. Pengumpulan literatur dari berbagai sumber seperti artikel jurnal, buku ilmiah dan publikasi lain yang diperoleh melalui database Google Scholar. Data dan referensi yang digunakan berupa artikel ilmiah pada jurnal nasional dan internasional, literature review dan sumber lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alkaloid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang diproduksi secara alami oleh tumbuhan sebagai bagian dari mekanisme perlindungan diri terhadap serangan patogen dan gangguan lingkungan. Alkaloid memiliki ciri khas berupa kandungan atom nitrogen yang umumnya bersifat basa dan terdapat dalam berbagai struktur kimia yang kompleks (Dhandy & Indriasari, 2014). Senyawa ini tersebar luas pada jaringan tanaman, seperti akar, biji, kayu dan daun, serta berfungsi penting dalam mempertahankan kelangsungan hidup tanaman melalui pengaturan metabolisme dan perlindungan terhadap organisme pengganggu (Wink, 2008).

Dalam peranannya sebagai agen pertahanan, alkaloid mampu menghambat pertumbuhan patogen, khususnya cendawan penyebab penyakit tanaman. Aktivitas antifungi alkaloid bekerja melalui berbagai mekanisme, termasuk gangguan terhadap membran sel jamur, penghambatan sintesis dinding sel, inaktivasi enzim-enzim penting, serta penghambatan sintesis asam nukleat dan protein (Pelczar & Chan, 1988). Gangguan ini menyebabkan terhambatnya proses metabolisme dalam sel patogen yang berujung pada kerusakan sel dan kematian. Selain itu, alkaloid juga mampu berikatan dengan komponen penting dalam membran sel jamur, seperti ergosterol, yang mengakibatkan kebocoran membran sel, hal ini akan menyebabkan kerusakan yang tetap pada sel dan menyebabkan kematian pada sel jamur (Dewi & Wuryandari, 2019). Dengan mekanisme kerja yang kompleks tersebut, alkaloid tidak hanya berfungsi sebagai senyawa pertahanan bagi tanaman penghasilnya, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai agen pengendali penyakit tanaman karena sifatnya yang antimikroba, antifungi dan bioaktif yang memungkinkan penggunaannya sebagai alternatif pestisida nabati yang lebih ramah lingkungan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa alkaloid tidak hanya efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen tanaman, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia yang berisiko menyebabkan resistensi patogen serta pencemaran lingkungan.

Tabel 1. Tumbuhan Yang Mengandung Senyawa Metabolit Sekunder Alkaloid Dan Aktivitas Antifunginya Terhadap Beberapa Patogen Penyebab Penyakit Tanaman

Tumbuhan	Organ	Patogen	Penyakit	Konsentrasi ekstrak	Aktivitas Antifungi	Sumber
<i>Syzygium oleina</i>	Daun	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Busuk batang	40%	Sangat kuat	Sari <i>et al.</i> , 2022
<i>Hyptis suaveolens</i> L.	Daun	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Busuk batang	20%	Sangat kuat	Primayani & Chatri, 2018
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Daun	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Busuk batang	40%	Sedang	Utami <i>et al.</i> , 2022
<i>Hyptis suaveolens</i> L.	Daun	<i>Fusarium oxysporum</i>	Layu fusarium	40%	Kuat	Gusmiarni <i>et al.</i> , 2021
<i>Melastoma malabathricum</i>	Daun	<i>Fusarium oxysporum</i>	Layu fusarium	40%	Kuat	Chatri <i>et al.</i> , 2022
<i>Momordica charantia</i> L.	Buah	<i>Fusarium oxysporum</i>	Layu fusarium	90%	Sedang	Putri <i>et al.</i> , 2019
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Daun	<i>Fusarium</i> sp.	Layu	5%	Sangat kuat	Dewantari & Rahayu, 2021
<i>Chromolaena odorata</i> L.	Daun	<i>Colletotrichum capsici</i>	Antraknosa	0,5%	Kuat	Yulis <i>et al.</i> , 2023
<i>Nicotiana tabacum</i>	Daun	<i>Colletotrichum</i> sp.	Antraknosa	100%	Sedang	Duila, 2017
<i>Acacia mangium</i>	Daun	<i>Phytophthora</i> sp.	Busuk pangkal batang	4%	Sangat kuat	Wulandari <i>et al.</i> , 2020

Berdasarkan hasil kajian dari berbagai literatur, tanaman yang mengandung senyawa alkaloid menunjukkan efektivitas tinggi dalam menghambat pertumbuhan patogen penyebab penyakit tanaman (Tabel 1). Efektivitas alkaloid sebagai agen pengendali penyakit tanaman ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis tanaman penghasil alkaloid, bagian tanaman yang digunakan, konsentrasi ekstrak, serta jenis patogen target. Setiap tanaman menghasilkan alkaloid dengan jenis dan kadar yang berbeda, sehingga kemampuan pengendalian penyakit yang ditimbulkan juga bervariasi. Patogen yang berbeda juga memiliki tingkat sensitivitas yang tidak sama terhadap senyawa alkaloid, sehingga perlu penyesuaian formulasi sesuai target organisme pengganggu.

Sclerotium rolfsii merupakan patogen penyebab penyakit busuk batang, busuk akar, layu, rebah kecambah dan rebah semai yang menyerang berbagai tanaman

budidaya. Ekstrak daun tanaman pucuk merah (*Syzygium oleina*) dan *Hyptis suaveolens* yang mengandung alkaloid terbukti mampu menghambat pertumbuhan patogen ini dengan efektivitas sangat kuat. Selain itu, patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman juga berhasil dikendalikan oleh beberapa tanaman yang mengandung senyawa metabolit sekunder alkaloid, seperti senduduk (*Melastoma malabathricum*), dewandru (*Eugenia uniflora*) dan pare (*Momordica charantia*) yang menunjukkan aktivitas antifungi sedang hingga kuat. Senyawa alkaloid yang terkandung dalam ekstrak buah pare berfungsi sebagai antifungi melalui mekanisme gangguan pada membran sel jamur dengan cara mengubah membran sel jamur melalui sintesis ergosterol atau membentuk lubang yang menyebabkan kebocoran membran sel (Putri *et al.*, 2019). Patogen lain seperti *Colletotrichum* sp., penyebab penyakit antraknosa pada tanaman hortikultura, juga dapat dikendalikan oleh ekstrak tanaman yang mengandung alkaloid, seperti tembakau (*Nicotiana tabacum*) dan kirinyuh (*Chromolaena odorata*). Menurut Maisarah *et al.*, (2023) mekanisme kerja alkaloid dalam menghambat pertumbuhan cendawan dengan cara mengganggu proses replikasi DNA, sehingga menghambat proses pembelahan sel cendawan. Sementara itu, ekstrak daun akasia (*Acacia mangium*) menunjukkan aktivitas sangat kuat dalam menghambat pertumbuhan *Phytophthora* sp., patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman jeruk (Wulandari *et al.*, 2020).

SIMPULAN

Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang berperan penting dalam sistem pertahanan alami tumbuhan terhadap serangan patogen. Senyawa ini tidak hanya efektif terhadap satu jenis patogen, tetapi juga mampu menghambat berbagai kelompok patogen penyebab penyakit tanaman. Mekanisme kerja alkaloid dalam menghambat patogen melibatkan penghambatan sintesis dinding sel, permeabilitas membran serta penghambatan sintesis DNA dan protein patogen. Efektivitas alkaloid sebagai agen pengendali hayati bergantung pada jenis tumbuhan penghasil alkaloid, bagian tumbuhan yang digunakan, konsentrasi ekstrak serta tingkat sensitivitas patogen target. Dengan efektivitas tinggi, alkaloid berpotensi sebagai bahan aktif dalam pestisida untuk mendukung pengendalian penyakit tanaman yang efektif dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aniszewki, T. 2007. *Alkaloid Secretsof Life*. Amsterdam : Elsevier
- Chatri, M., Jumjunidang., Aini, & Z. Suryendra, F.D. 2022. Aktivitas Antifungi Ekstrak Daun *Melastoma malabathricum* terhadap *Fusarium oxysporum* dan *Sclerotium rolfsii* Secara *In Vitro*. *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol. 10(3): 395-401.
- Dewantari, S.S., & Rahayu, Y.S. 2021. Aktivitas Biofungisida Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan *Fusarium* sp. *LenteraBio*. Vol. 10(2): 199-206.
- Dewick, P.M. 2009. *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach, 3rd Edition*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

- Dewi, S.U., & Wuryandari, W. 2019. Aktivitas Antifungi Rebung Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* dengan Variasi Lama Waktu Rebusan. *PhD Thesis*. Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang.
- Dhandy, R., & Indriasari, Y. 2014. Sifat Fisik dan Kimia Simplisia Sidaguri (*Sida Rhombifolia* Linn) pada Berbagai Lama Pengeringan. *Jurnal Politek*. 2(1): 1-10.
- Duila, M.I. 2017. Ekstrak Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Sebagai Fungisida Nabati Pada Antraknosa Cabai Merah yang disebabkan Jamur *Colletotrichum* sp Secara *In Vitro*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jember.
- Gusmiarni, A N., Chatri, M., & Des M. 2021. Efektivitas Antijamur Ekstrak Daun *Hyptis suaveolens* (L.) Poit Terhadap Koloni *Fusarium Oxysporum*. *Prosiding Semnas Bio*. 1619-1624.
- Maisarah, M., & Chatri, M. 2023. Karakteristik dan Fungsi Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*. 8(5): 231-236.
- Mumpuni, R. P., Qadir, A., Pratama, A. J., & Nurulhaq, M. I. 2023. Aplikasi Beberapa Jenis Pestisida Nabati untuk Pengendalian Hama Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Sains Terapan : Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*. Vol. 13(1): 77-86.
- Pelczar, MJ & Chan, ESC. 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 1*, UI Press, Jakarta.
- Primayani, S.A., & Chatri, M. 2018. Efektivitas Ekstrak *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Sclerotium rolfsii* Secara *In-Vitro*. *Biosains*. Vol. 1(1): 59-66.
- Putri, R.D., Asri, M.T., & Ratnasari, E. 2019. Aktivitas Antifungi Ekstrak Buah Pare (*Momordica charantia* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum*. *LenteraBio*. Vol. 8(2): 156-161.
- Putri, S.A. 2015. Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Kulit Batang *Garcinia balica*. *Skripsi*. Surabaya: Instititus Teknologi Sepuluh November.
- Ramadhan, A.D., & Hakim, A.R. 2023. Identifikasi Senyawa Alkaloid Dari Ekstrak Etanol Daun Karinat. *Prosiding Penelitian dan Pengabdian Karya Cendeki*. 16-8.
- Riska, A., Weny, J.A.M & La, A. 2013. Identifikasi Senyawa Alkaloid Dari Ekstrak Metanol Kulit Batang Mangga (*Mangifera indica* L). *Jurnal Entropi*. 7(1): 514-519.
- Sari, K., Advinda, L., Anhar, A., & Chatri, M. 2022. Potential Of Red Shoot Leaf Extract (*Syzygium oleena*) as An Antilingi Against The Growth of *Sclerotium rolfsii* in vitro. *Jurnal Serambi Biologi*. 7(2): 163-168.
- Sumartini. 2016. Biopestisida untuk Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. *Iptek Tanaman Pangan*. Vol. 11(2): 159-166.
- Utami, M. D., Advinda, L., Violita., Chatri, M. 2022. The Effectiveness Of Noni Leaf Extract (*Morinda citrifolia* L.) As Antifungal Against The Growth Of *Sclerotium rolfsii* *In Vitro*. *Serambi Biologi*. Vol. 7(2): 199-204.

- Wulandari, Y., Rahmawati., & Mukarlina. 2020. Aktivitas Antifungi Ekstrak Metanol Daun Akasia (*Acacia mangium* Willd.) Terhadap *Phytophthora* Sp. (Im5) Secara *In Vitro*. *Jurnal Protobiont*. Vol. 9 (3): 187-193.
- Wink, M. 2008. *Ecological Roles of Alkaloids*. Wink, M. (Eds.) *Modern Alkaloids, Structure, Isolation Synthesis and Biology*. Jerman : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Yulis, S., Susanna., & Chamzurni, T. 2023. Pengujian Konsentrasi Ekstrak Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) Sebagai Fungisida Botani Dalam Menghambat Pertumbuhan *Colletotrichum capsici* *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. Vol. 8(4): 990-1003.