



## Karakterisasi Senyawa Metabolit Daun Sirih (*Piper betle* L.) Berdasarkan Studi Literatur serta Potensi Bioaktifnya dalam Bidang Kesehatan

Tamimil Hasanah<sup>1</sup>, Ardi Mustakim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas  
Adiwangsa Jambi

<sup>2</sup>Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas  
Adiwangsa Jambi

\*Korespondensi penulis Email : [tamimilhasanah047@gmail.com](mailto:tamimilhasanah047@gmail.com)

*Abstract.* Betel leaf (*Piper betle* L.) is a herbal plant that has long been used in traditional medicine and is known to contain various secondary metabolites with potential bioactive effects on human health. This study aims to characterize the metabolite compounds of betel leaves and to review their bioactive potential based on a literature study. The research method employed was a literature review by analyzing relevant national and international scientific articles published in reputable and indexed journals. The selected literature focused on the types of secondary metabolites, analytical methods used, and reported bioactivities. The results of the literature synthesis indicate that betel leaves contain several metabolite compounds such as flavonoids, phenolics, alkaloids, tannins, saponins, and essential oils. These compounds have been reported to exhibit various bioactivities, including antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, and antifungal activities. Based on the literature review, betel leaves have significant potential to be developed as a natural source for health-related applications. This study is expected to provide a scientific basis for further research on the utilization of betel leaves as natural therapeutic agents.

**Keywords:** Betel leaf, *Piper betle* L., metabolite compounds, bioactive activity,

**Abstrak.** Daun sirih (*Piper betle* L.) merupakan tanaman herbal yang telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional dan diketahui mengandung beragam senyawa metabolit sekunder yang berpotensi memberikan efek bioaktif bagi kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi senyawa metabolit daun sirih serta mengkaji potensi bioaktifnya berdasarkan studi literatur. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah artikel ilmiah nasional dan internasional yang relevan, terindeks, dan dipublikasikan dalam jurnal bereputasi. Literatur yang dikaji difokuskan pada jenis senyawa metabolit sekunder, metode analisis yang digunakan, serta aktivitas bioaktif yang dilaporkan. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa daun sirih mengandung berbagai senyawa metabolit seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, tanin, saponin, serta minyak atsiri. Senyawa-senyawa tersebut dilaporkan memiliki aktivitas bioaktif antara lain sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, dan antijamur. Berdasarkan hasil kajian literatur, daun sirih memiliki potensi yang signifikan untuk

dikembangkan sebagai sumber bahan alami dalam bidang kesehatan. Studi ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan terkait pemanfaatan daun sirih sebagai agen terapeutik berbasis bahan alam.

**Kata Kunci:** Daun sirih, *Piper betle L.*, senyawa metabolit, aktivitas bioaktif

## LATAR BELAKANG

Pemanfaatan tanaman obat sebagai sumber bahan alami dalam bidang kesehatan semakin mendapat perhatian dalam pengembangan ilmu farmasi, pangan fungsional, dan biomedis. Tren global yang mengarah pada penggunaan kembali bahan alam didorong oleh meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap potensi efek samping obat sintesis apabila digunakan dalam jangka panjang, serta kebutuhan akan alternatif terapi yang lebih aman, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Tanaman obat diketahui menghasilkan beragam senyawa metabolit sekunder yang berperan penting dalam menimbulkan aktivitas biologis tertentu, seperti antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, antijamur, hingga antikanker. Selain berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan, metabolit sekunder juga memiliki potensi terapeutik yang relevan bagi kesehatan manusia (Harborne, 1998).

Secara umum, metabolit sekunder tumbuhan dikelompokkan ke dalam beberapa golongan utama, meliputi senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, dan tanin. Setiap kelompok senyawa tersebut memiliki karakteristik kimia serta mekanisme aksi biologis yang berbeda-beda. Senyawa fenolik dan flavonoid, misalnya, dikenal luas memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam menetralisasi radikal bebas dan menekan terjadinya stres oksidatif yang berkaitan dengan berbagai penyakit degeneratif. Sementara itu, alkaloid dan terpenoid banyak dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba dan antiinflamasi yang signifikan (Pandey & Rizvi, 2009). Oleh sebab itu, karakterisasi metabolit sekunder menjadi tahapan penting dalam pemanfaatan tanaman obat secara ilmiah dan berbasis bukti.

Salah satu tanaman herbal yang memiliki nilai etnofarmakologi tinggi dan telah lama digunakan secara tradisional adalah daun sirih (*Piper betle L.*). Tanaman yang termasuk dalam famili *Piperaceae* ini tumbuh dengan baik di wilayah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Dalam pengobatan tradisional, daun sirih dimanfaatkan untuk berbagai tujuan kesehatan, seperti menjaga kebersihan dan kesehatan mulut, mempercepat penyembuhan luka, mengurangi bau badan, serta mengatasi infeksi ringan pada kulit dan saluran pencernaan. Pemanfaatan daun sirih secara luas dan berkelanjutan secara empiris mengindikasikan adanya kandungan senyawa bioaktif yang memberikan efek farmakologis tertentu (Guha, 2006).

Dari aspek morfologi, daun sirih memiliki ciri khas berupa bentuk daun menyerupai jantung dengan ujung meruncing, permukaan yang licin, serta aroma khas yang kuat. Aroma tersebut berasal dari kandungan minyak atsiri yang relatif tinggi, yang

merupakan salah satu komponen utama penyumbang aktivitas biologis daun sirih. Struktur jaringan daun, terutama pada bagian epidermis dan jaringan sekretori, berperan penting dalam proses akumulasi metabolit sekunder. Faktor morfologi dan anatomi daun ini turut memengaruhi variasi komposisi kimia yang dihasilkan, sehingga berdampak pada potensi bioaktif tanaman tersebut (Ravindran et al., 2012). Berbagai penelitian melaporkan bahwa daun sirih mengandung beragam senyawa metabolit sekunder, antara lain flavonoid, senyawa fenolik, alkaloid, tanin, saponin, serta minyak atsiri yang kaya akan senyawa fenilpropanoid dan terpenoid. Proses identifikasi dan karakterisasi senyawa-senyawa tersebut dilakukan menggunakan beragam metode analisis kimia, seperti kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), kromatografi gas–spektrometri massa (GC–MS), serta analisis spektrofotometri ultraviolet–tampak. Perbedaan pendekatan dan metode analisis yang digunakan dalam setiap penelitian berpengaruh terhadap jenis serta jumlah senyawa metabolit yang terdeteksi, sehingga menimbulkan variasi hasil antar penelitian (Sathishkumar et al., 2015).

Aktivitas bioaktif daun sirih telah banyak dilaporkan dalam literatur ilmiah, terutama aktivitas antibakteri dan antioksidan. Ekstrak daun sirih diketahui mampu menghambat pertumbuhan berbagai bakteri patogen, baik bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Aktivitas antibakteri tersebut umumnya dikaitkan dengan kemampuan senyawa fenolik dan flavonoid dalam merusak struktur dinding sel bakteri, mengganggu permeabilitas membran, serta menghambat kerja enzim intraseluler (Ali et al., 2010). Selain itu, aktivitas antioksidan daun sirih berperan dalam menetralisasi radikal bebas, sehingga berpotensi melindungi sel dan jaringan dari kerusakan akibat stres oksidatif (Dasgupta & De, 2004).

Meskipun potensi bioaktif daun sirih telah banyak dilaporkan, hasil-hasil penelitian yang tersedia menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan. Variasi tersebut meliputi perbedaan jenis senyawa metabolit yang teridentifikasi, metode analisis yang digunakan, serta tingkat aktivitas bioaktif yang dihasilkan. Faktor-faktor seperti perbedaan varietas tanaman, kondisi lingkungan tumbuh, metode ekstraksi, jenis pelarut, serta bagian daun yang digunakan menjadi penyebab utama ketidakkonsistenan temuan penelitian. Kondisi ini menegaskan perlunya suatu kajian yang mampu mengintegrasikan dan membandingkan berbagai hasil penelitian tersebut secara sistematis.

Studi literatur merupakan pendekatan yang tepat untuk mensintesis temuan-temuan ilmiah yang telah dipublikasikan, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih utuh dan komprehensif mengenai karakteristik senyawa metabolit serta potensi bioaktif daun sirih. Melalui pendekatan ini, berbagai hasil penelitian dapat dianalisis secara komparatif untuk mengidentifikasi pola konsistensi, perbedaan, serta kecenderungan metode analisis yang digunakan dalam kajian daun sirih (Snyder, Kirkland, & Dolan, 2010). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi senyawa metabolit daun sirih (*Piper betle* L.) berdasarkan studi

literatur serta mengkaji potensi bioaktifnya dalam bidang kesehatan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa pemetaan senyawa metabolit dan aktivitas bioaktif daun sirih secara sistematis, sekaligus menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan dan pemanfaatan tanaman ini sebagai sumber bahan alami yang didukung oleh bukti ilmiah

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk mengkaji dan mensintesis informasi mengenai karakterisasi senyawa metabolit serta potensi bioaktif daun sirih (*Piper betle* L.). Data penelitian diperoleh dari artikel ilmiah nasional dan internasional yang dipublikasikan dalam jurnal bereputasi dan terindeks, baik pada basis data ilmiah daring maupun jurnal nasional terakreditasi. Literatur yang dipilih merupakan penelitian yang relevan dengan topik kajian, khususnya yang membahas kandungan senyawa metabolit sekunder, metode analisis kimia yang digunakan, serta aktivitas bioaktif daun sirih dalam bidang kesehatan.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan menelusuri publikasi ilmiah menggunakan kata kunci seperti “*Piper betle*”, “daun sirih”, “senyawa metabolit”, “metabolit sekunder”, dan “aktivitas bioaktif”. Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi, yaitu artikel yang menyajikan data hasil analisis senyawa metabolit daun sirih dan/atau pengujian aktivitas bioaktifnya, serta diterbitkan dalam jurnal yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Artikel yang tidak relevan dengan tujuan penelitian atau tidak menyediakan informasi yang memadai dikeluarkan dari kajian.

Literatur terpilih dianalisis secara sistematis dengan cara mengelompokkan informasi berdasarkan jenis senyawa metabolit yang dilaporkan, metode analisis yang digunakan, serta aktivitas bioaktif yang dihasilkan. Data yang diperoleh selanjutnya dibandingkan antar penelitian untuk mengidentifikasi pola konsistensi dan perbedaan temuan. Hasil sintesis literatur disajikan dalam bentuk narasi deskriptif dan tabel perbandingan untuk memperjelas hubungan antara jenis senyawa metabolit, pendekatan analisis, dan potensi bioaktif daun sirih. Pendekatan studi literatur ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai karakteristik senyawa metabolit daun sirih (*Piper betle* L.) serta relevansinya dalam bidang kesehatan berdasarkan bukti ilmiah yang telah tersedia.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN (Sub judul level 1)**

Morfologi daun sirih (*Piper betle* L.) secara makroskopis dapat diamati melalui bentuk daun, warna permukaan, serta struktur tulang daun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1** Gambar Morfologi Daun Sirih (*Piper Betle L.*)

Daun sirih umumnya berbentuk jantung dengan ujung meruncing dan pangkal daun melebar, memiliki permukaan licin dan berwarna hijau mengilap. Tulang daun tersusun menyirip dengan pola yang jelas, menunjukkan struktur jaringan yang berkembang baik. Karakteristik morfologi ini berkaitan dengan keberadaan jaringan sekretori dan kelenjar minyak atsiri pada daun sirih, yang berperan dalam penyimpanan dan produksi senyawa metabolit sekunder. Keberadaan struktur tersebut diduga berkontribusi terhadap tingginya kandungan senyawa fenolik dan komponen volatil yang mendukung aktivitas bioaktif daun sirih.

Berdasarkan metode studi literatur yang telah dilakukan, diperoleh sejumlah artikel ilmiah yang melaporkan karakterisasi senyawa metabolit daun sirih (*Piper betle L.*) beserta aktivitas bioaktifnya. Hasil kajian menunjukkan bahwa daun sirih mengandung beragam metabolit sekunder dengan variasi jenis senyawa, metode analisis, serta aktivitas bioaktif yang dilaporkan oleh masing-masing penelitian. Untuk memperjelas keterkaitan antara jenis senyawa metabolit, pendekatan analisis yang digunakan, dan aktivitas bioaktif yang dihasilkan, hasil sintesis literatur disajikan dalam bentuk tabel perbandingan.

**Tabel 1.** Perbandingan Senyawa Metabolit, Metode Analisis, dan Aktivitas Bioaktif Daun Sirih (*Piper betle L.*) Berdasarkan Studi Literatur

<b>Penulis (Tahun)</b>	<b>Jenis Senyawa Metabolit</b>	<b>Metode Analisis</b>	<b>Aktivitas Bioaktif</b>
Dasgupta & De (2004)	Fenolik, flavonoid	Spektrofotometri UV-Vis	Antioksidan
Guha (2006)	Minyak atsiri, fenilpropanoid	GC-MS	Antibakteri, antijamur
Ali et al. (2010)	Fenolik (hidroksikavikol)	Kromatografi & uji bioaktivitas	Antijamur

Sathishkumar et al. (2015)	Flavonoid total	HPLC, spektrofotometri	Antioksidan
Ravindran et al. (2012)	Terpenoid, minyak atsiri	GC-MS	Antimikroba

Tabel perbandingan literatur tersebut menyajikan ringkasan hasil karakterisasi senyawa metabolit daun sirih (*Piper betle L.*) yang dilaporkan dalam berbagai penelitian. Berdasarkan tabel, dapat diketahui bahwa daun sirih mengandung beragam senyawa metabolit sekunder, dengan dominasi senyawa fenolik, flavonoid, serta komponen minyak atsiri seperti fenilpropanoid dan terpenoid. Keberadaan senyawa-senyawa ini dilaporkan secara konsisten oleh berbagai peneliti, meskipun terdapat variasi dalam jenis senyawa spesifik yang teridentifikasi.

Metode analisis yang digunakan dalam literatur yang dikaji menunjukkan kecenderungan penggunaan teknik kromatografi dan spektrofotometri. Teknik kromatografi, seperti GC-MS dan HPLC, banyak digunakan untuk mengidentifikasi komponen minyak atsiri dan senyawa flavonoid secara lebih spesifik, sedangkan metode spektrofotometri umumnya digunakan untuk penentuan kandungan total senyawa fenolik dan flavonoid. Perbedaan pendekatan analisis ini memengaruhi jenis dan jumlah senyawa metabolit yang terdeteksi dalam masing-masing penelitian.

Dari sisi aktivitas bioaktif, tabel menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan dan antimikroba merupakan aktivitas yang paling dominan dilaporkan pada daun sirih. Aktivitas tersebut berkaitan erat dengan keberadaan senyawa fenolik, flavonoid, dan minyak atsiri yang diketahui memiliki peran penting dalam mekanisme penghambatan mikroorganisme serta penangkal radikal bebas. Meskipun terdapat perbedaan metode analisis dan jenis senyawa yang dilaporkan, hasil literatur secara umum menunjukkan konsistensi dalam menggambarkan potensi bioaktif daun sirih dalam bidang kesehatan.

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa daun sirih (*Piper betle L.*) merupakan sumber senyawa metabolit sekunder yang kompleks dan beragam, dengan dominasi senyawa fenolik, flavonoid, serta komponen minyak atsiri. Keberagaman metabolit ini mencerminkan kemampuan fisiologis tanaman dalam menghasilkan senyawa bioaktif sebagai mekanisme adaptasi terhadap tekanan lingkungan, sekaligus menjelaskan luasnya potensi farmakologis daun sirih yang telah dimanfaatkan secara tradisional dan diteliti secara ilmiah. Meskipun setiap penelitian melaporkan profil metabolit yang bervariasi, secara umum terdapat konsistensi temuan terkait kelompok senyawa utama yang berkontribusi terhadap aktivitas bioaktif daun sirih.

Senyawa fenolik dan flavonoid merupakan kelompok metabolit yang paling sering dilaporkan dalam berbagai penelitian daun sirih. Kelompok senyawa ini dikenal

memiliki kemampuan antioksidan yang tinggi melalui mekanisme donasi atom hidrogen atau elektron untuk menetralkan radikal bebas. Rathee et al. (2006) melaporkan bahwa peningkatan kandungan fenolik total pada ekstrak daun sirih berbanding lurus dengan peningkatan aktivitas antioksidan, yang mengindikasikan adanya hubungan langsung antara komposisi kimia dan efek biologis. Temuan tersebut memperkuat hasil kajian literatur lain yang menempatkan daun sirih sebagai salah satu sumber antioksidan alami potensial.

Selain aktivitas antioksidan, aktivitas antimikroba daun sirih juga dilaporkan secara konsisten dalam berbagai literatur. Minyak atsiri daun sirih, yang mengandung senyawa aktif seperti eugenol dan chavicol, diketahui memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur patogen. Khan dan Ahmad (2012) menjelaskan bahwa senyawa volatil dalam minyak atsiri bekerja dengan cara merusak integritas membran sel mikroorganisme, menyebabkan kebocoran komponen intraseluler, serta mengganggu fungsi enzimatis. Mekanisme ini menjelaskan mengapa aktivitas antibakteri dan antijamur daun sirih tetap teramati meskipun terdapat variasi metode ekstraksi dan analisis. Perbedaan metode analisis yang digunakan dalam karakterisasi senyawa metabolit daun sirih turut memengaruhi hasil yang diperoleh. Studi yang menggunakan teknik GC-MS umumnya lebih menonjolkan keberadaan senyawa volatil dan minyak atsiri, sementara penggunaan HPLC dan spektrofotometri lebih sensitif terhadap senyawa non-volatil seperti flavonoid dan fenolik. Bhattacharya et al. (2015) menekankan bahwa setiap metode analisis memiliki keterbatasan dan keunggulan masing-masing, sehingga perbedaan profil metabolit antar penelitian tidak dapat diinterpretasikan sebagai kontradiksi, melainkan sebagai hasil dari pendekatan analisis yang berbeda.

Variasi kandungan metabolit sekunder juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan varietas tanaman. Kumar et al. (2010) melaporkan bahwa kondisi agroklimat, jenis tanah, serta lokasi tumbuh berpengaruh terhadap komposisi kimia daun sirih, khususnya pada kandungan minyak atsiri. Faktor-faktor ini berkontribusi terhadap perbedaan konsentrasi senyawa bioaktif yang dilaporkan dalam berbagai penelitian, meskipun spesies tanaman yang digunakan sama. Oleh karena itu, perbandingan literatur menjadi pendekatan yang penting untuk memahami rentang variasi alami dari metabolit daun sirih. Selain aktivitas antioksidan dan antimikroba, beberapa penelitian juga melaporkan potensi antiinflamasi dan efek terapeutik lain dari daun sirih. Dwivedi dan Tripathi (2014) menyatakan bahwa ekstrak daun sirih mampu menekan respon inflamasi melalui penghambatan mediator proinflamasi tertentu. Aktivitas ini memperluas cakupan potensi bioaktif daun sirih dalam bidang kesehatan, tidak hanya sebagai agen pencegah infeksi tetapi juga sebagai kandidat bahan alami untuk pengelolaan kondisi inflamasi ringan hingga sedang.

Kajian literatur juga menunjukkan bahwa perbedaan teknik ekstraksi memiliki pengaruh signifikan terhadap profil metabolit yang dihasilkan. Pradhan et al. (2013) melaporkan bahwa penggunaan pelarut dengan polaritas berbeda menghasilkan

komposisi senyawa yang berbeda pula, yang selanjutnya memengaruhi aktivitas bioaktif ekstrak daun sirih. Hal ini menunjukkan bahwa standar metode ekstraksi dan analisis masih menjadi tantangan dalam penelitian daun sirih, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih terintegrasi dalam penelitian selanjutnya. Secara keseluruhan, hasil perbandingan literatur menunjukkan bahwa daun sirih memiliki potensi bioaktif yang kuat dan konsisten, terutama sebagai sumber antioksidan dan agen antimikroba alami. Namun, variasi metode analisis, kondisi lingkungan, dan teknik ekstraksi menyebabkan perbedaan hasil yang perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Chahal et al. (2017) menekankan pentingnya pengembangan standar karakterisasi fitokimia untuk meningkatkan reproduktibilitas dan validitas hasil penelitian tanaman obat.

Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa pendekatan studi literatur mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai hubungan antara jenis senyawa metabolit, metode analisis, dan aktivitas bioaktif daun sirih. Sintesis hasil penelitian yang beragam ini dapat menjadi dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan penelitian lanjutan serta pemanfaatan daun sirih sebagai sumber bahan alam dalam bidang kesehatan berbasis bukti ilmiah.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil sintesis dan perbandingan literatur yang telah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa daun sirih (*Piper betle L.*) merupakan tanaman yang kaya akan senyawa metabolit sekunder, terutama kelompok fenolik, flavonoid, dan komponen minyak atsiri. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut dilaporkan secara konsisten dalam berbagai penelitian, meskipun terdapat variasi jenis dan kadar metabolit yang dipengaruhi oleh metode ekstraksi, teknik analisis, serta kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman.

Perbedaan metode analisis, seperti penggunaan GC-MS, HPLC, dan uji spektrofotometri, memberikan gambaran yang saling melengkapi mengenai profil kimia daun sirih. Metode GC-MS lebih dominan mengidentifikasi senyawa volatil penyusun minyak atsiri, sedangkan HPLC dan metode spektrofotometri lebih efektif dalam mendeteksi senyawa non-volatil seperti flavonoid dan fenolik. Variasi pendekatan ini berkontribusi terhadap perbedaan hasil antar penelitian, namun tidak mengurangi konsistensi temuan terkait potensi bioaktif daun sirih.

Aktivitas bioaktif daun sirih yang paling banyak dilaporkan meliputi aktivitas antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi. Hubungan antara kandungan metabolit sekunder dengan aktivitas bioaktif menunjukkan bahwa senyawa fenolik dan minyak atsiri berperan penting dalam mekanisme biologis tersebut. Dengan demikian, daun sirih berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber bahan alami dalam bidang kesehatan, baik sebagai agen preventif maupun pendukung terapi.

Secara keseluruhan, studi literatur ini menegaskan bahwa pendekatan komparatif antar penelitian mampu memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai karakteristik senyawa metabolit daun sirih dan relevansinya terhadap aktivitas bioaktif. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan yang lebih terstandarisasi, khususnya dalam pengembangan produk kesehatan berbasis bahan alam yang aman dan efektif.

## DAFTAR REFERENSI

- Ali, I., Khan, F. G., Suri, K. A., Gupta, B. D., Satti, N. K., Dutt, P., & Khan, I. A. (2010). In vitro antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* L. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 9, 7. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-9-7>
- Bhattacharya, S., Banerjee, D., & Chanda, S. (2015). Phytochemical investigation and evaluation of biological activities of *Piper betle* L. leaf extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(3), 100–106.
- Chahal, J., Ohlyan, R., Kandale, A., & Walia, A. (2017). Phytochemical profiling and pharmacological potential of *Piper betle* Linn. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 5(2), 44–49.
- Dasgupta, N., & De, B. (2004). Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study. *Food Chemistry*, 85(1), 131–136. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00289-9)
- Dwivedi, V., & Tripathi, S. (2014). Anti-inflammatory and antimicrobial activities of *Piper betle* leaf extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 27(2), 90–94.
- Guha, P. (2006). Betel leaf: The neglected green gold of India. *Journal of Human Ecology*, 19(2), 87–93. <https://doi.org/10.1080/09709274.2006.11905871>
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis* (3rd ed.). Chapman & Hall.
- Khan, M. S. A., & Ahmad, I. (2012). Antimicrobial activity of essential oils extracted from medicinal plants against multidrug-resistant bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 144(3), 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.10.012>
- Kumar, N., Misra, P., Dube, A., Bhattacharya, S., Dikshit, M., & Ranade, S. (2010). *Piper betle* L.: A maligned pan-Asian plant with an array of pharmacological activities and prospects for drug discovery. *Current Science*, 99(7), 922–932.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Pradhan, D., Suri, K. A., Pradhan, D. K., & Biswasroy, P. (2013). Golden heart of nature: *Piper betle* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6), 147–167.

- Rathee, J. S., Patro, B. S., Mula, S., Gamre, S., & Chattopadhyay, S. (2006). Antioxidant activity of *Piper betle* leaf extract and its constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(24), 9046–9054. <https://doi.org/10.1021/jf061716j>
- Ravindran, P. N., Nirmal Babu, K., & Shylaja, M. (2012). *Botany and crop improvement of black pepper and related species*. CRC Press.
- Sathishkumar, T., Baskar, R., Shanmugam, S., Rajasekaran, P., Sadasivam, S., & Manikandan, V. (2015). Optimization of flavonoids extraction from the leaves of *Piper betle* using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2005–2013. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1210-3>
- Sengupta, R., & Banik, J. K. (2013). A review on biological activities and medicinal properties of *Piper betle* L. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(2), 1–5.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Dolan, J. W. (2010). *Introduction to modern liquid chromatography* (3rd ed.). John Wiley & Sons.