UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK DAUN SIRIH HIJAU (*PIPER BETLE* L.) TERHADAP BAKTERI *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

Astrida Joice Angelica Batubara[1], Efimah Sidabutar[2], Helen Veronita Hutapea[3], Ninta Dumaria Matanari[4], Endang Sulistyarini Gultom[5]
[1]Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan
[2]Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan
[3]Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan
[4]Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan
[5]Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Medan
Alamat e-mail : [1]angelicapanjaitan1979@gmail.com,
Alamat e-mail : [2]efimah.4233151010@mhs.unimed.ac.id,
Alamat e-mail : [3]helenveronitahutapea@gmail.com,
Alamat e-mail : [4]nintadumariamatanari@gmail.com,
Alamat e-mail : [5]endanggultom@unimed.ac.id.

ABSTRACT

The escalating crisis of antibiotic resistance necessitates the exploration of novel antibacterial agents from natural sources. Green betel leaf (Piper betle L.) is a traditional medicinal plant empirically known for its antiseptic properties. This study aimed to scientifically evaluate the antibacterial activity of its ethanol extract against the opportunistic pathogen Pseudomonas aeruginosa. Extraction was performed via maceration with 96% ethanol, followed by phytochemical screening and antibacterial testing using the disc diffusion method at concentrations of 15%, 20%, and 25% (w/v). Chloramphenicol and 96% ethanol served as positive and negative controls, respectively. Phytochemical analysis confirmed the presence of phenolics, tannins, alkaloids, and terpenoids. The extract exhibited antibacterial activity against P. aeruginosa, with inhibition zones of 3.32 mm, 2.58 mm, and 3.59 mm for the 15%, 20%, and 25% concentrations, respectively, categorizing all as "moderate" activity. While significantly lower than the positive control (22.37 mm), this activity confirms the extract's potential. The highest activity at the 25% concentration suggests a dose-dependent relationship. These findings support the traditional use of betel leaf and provide a scientific basis for its development as a complementary natural antibacterial agent against resilient pathogens like P. aeruginosa.

Keywords: Antibacterial, Disc diffusion, Ethanol extract, Piper betle, Pseudomonas aeruginosa.

ABSTRAK

Meningkatnya krisis resistensi antibiotik mengharuskan eksplorasi agen antibakteri baru dari sumber alami. Daun sirih hijau (*Piper betle* L.) adalah tanaman obat tradisional yang secara empiris dikenal memiliki sifat antiseptik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara ilmiah aktivitas antibakteri ekstrak etanol

daun sirih hijau terhadap patogen oportunistik *Pseudomonas aeruginosa*. Ekstraksi dilakukan melalui maserasi dengan etanol 96%, diikuti dengan skrining fitokimia dan pengujian antibakteri menggunakan metode difusi cakram pada konsentrasi 15%, 20%, dan 25% (b/v). Kloramfenikol dan etanol 96% masing-masing berfungsi sebagai kontrol positif dan negatif. Analisis fitokimia mengonfirmasi adanya fenolik, tanin, alkaloid, dan terpenoid. Ekstrak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *P. aeruginosa*, dengan zona hambat 3,32 mm, 2,58 mm, dan 3,59 mm untuk konsentrasi masing-masing 15%, 20%, dan 25%, yang mengkategorikan semuanya sebagai aktivitas "sedang". Meskipun secara signifikan lebih rendah daripada kontrol positif (22,37 mm), aktivitas ini mengonfirmasi potensi ekstrak tersebut. Aktivitas tertinggi pada konsentrasi 25% menunjukkan hubungan yang bergantung pada dosis. Temuan ini mendukung penggunaan tradisional daun sirih dan memberikan dasar ilmiah untuk pengembangannya sebagai agen antibakteri alami komplementer terhadap patogen yang resisten seperti *P. aeruginosa*.

Kata Kunci: Antibakteri, Difusi cakram, Ekstrak etanol, *Piper betle*, *Pseudomonas aeruginosa*

A. Pendahuluan

Penyakit menular merupakan salah satu masalah kesehatan utama yang memiliki dampak signifikan terhadap tingginya angka kesakitan dan kematian di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Pengendalian penyakit menular hingga saat ini sangat bergantung pada penggunaan antibiotik. Namun, penggunaan antibiotik yang tidak rasional, berlebihan, dan tidak sesuai indikasi telah memicu krisis kesehatan global berupa resistensi antibiotik. Fenomena ini menyebabkan bakteri menjadi kebal dan tidak lagi responsif terhadap pengobatan standar, sehingga infeksi sulit disembuhkan, biaya pengobatan meningkat, dan risiko komplikasi lebih tinggi. Kondisi ini menuntut perlunya mengeksplorasi bahan alami sebagai alternatif yang lebih aman dan efektif untuk agen antibakteri baru guna mengatasi patogen yang telah resisten (Mukafiah & Sulistyani, 2022).

Salah satu bakteri patogen yang menjadi perhatian utama dalam kasus resistensi adalah *Pseudomonas aeruginosa.* Bakteri Gram-negatif ini dikenal sebagai penyebab utama infeksi nosokomial, yaitu infeksi yang didapat pasien saat menjalani perawatan di rumah sakit, terutama pada orang dengan luka bakar, infeksi saluran kemih, dan pasien dengan

sistem kekebalan tubuh yang lemah. *Pseudomonas aeruginosa* memiliki mekanisme pertahanan diri yang sangat kuat akibat struktur dinding selnya yang kompleks dengan lapisan lipopolisakarida, kemampuannya membentuk biofilm sebagai pelindung, serta adanya mekanisme pompa efluks mechanism yang dapat mengeluarkan zat asing dari dalam sel (Oliveira et al., 2020).

Bakteri ini diketahui telah mengembangkan resistensi terhadap berbagai kelas antibiotik, termasuk kelas penisilin seperti Amoksisilin, dan seringkali memerlukan antibiotik spektrum luas seperti Siprofloksasin untuk pengobatan. Kesulitan dalam memberantas bakteri ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri Gram-positif, sehingga diperlukan agen antibakteri yang mampu menembus sistem pertahanan berlapis (Septiani dkk., 2024; Adha dkk., 2025).

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah dengan berbagai tanaman obat yang berpotensi sebagai antibakteri, salah satunya adalah Daun Sirih Hijau (Piper betle L.). Secara empiris, masyarakat telah lama menggunakan daun sirih hijau sebagai antiseptik alami untuk penyembuhan luka, obat kumur, dan menjaga kebersihan organ intim. Kemampuan antibakteri daun sirih hijau didukung oleh kandungan senyawa metabolit sekunder yang dimilikinya. Berdasarkan berbagai studi fitokimia, daun sirih hijau diketahui kaya akan senyawa fenol dan turunannya seperti cavicol dan eugenol, serta mengandung flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, dan minyak atsiri (Nayaka dkk., 2021; Sadiah dkk., 2022).

Senyawa-senyawa ini bekerja secara sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri dengan merusak membran sel, mendegradasi protein sel, dan mengganggu proses metabolisme bakteri (Nisyak dkk., 2022).

Untuk mengekstrak senyawa bioaktif ini secara optimal dari jaringan tanaman, diperlukan metode ekstraksi yang tepat dengan pelarut yang sesuai. Ethanol dipilih sebagai pelarut dalam studi ini karena sifatnya sebagai pelarut universal. Ethanol memiliki kelompok polar dan non-polar yang memungkinkan untuk menarik hampir semua komponen aktif dari daun sirih, baik yang polar seperti flavonoid dan tanin, maupun

senyawa non-polar seperti minyak esensial dan steroid (Dewi dkk., 2020).

Selain itu, etanol dikenal memiliki toksisitas rendah dan aman digunakan pada bahan alami dibandingkan pelarut organik lainnya. Meskipun potensi daun sirih hijau sebagai antibakteri sudah dikenal luas, uji spesifik mengenai efektivitas ekstrak etanol daun sirih hijau terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang dikenal memiliki resistensi tinggi masih perlu diteliti lebih lanjut untuk menentukan konsentrasi yang paling efektif. Penelitian ini berfokus pada pengujian penghambatan ekstrak etanol daun sirih hijau terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang menyebabkan infeksi nosokomial dan luka bakar, guna memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan sediaan farmasi dari bahan alami di masa depan (Hutauruk dkk., 2025; Manarisip dkk., 2020).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratoris murni (*true experimental research*) dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini digunakan untuk menguji hipotesis melalui pengukuran data numerik berupa diameter zona hambat bakteri. Desain penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari variasi konsentrasi ekstrak sebagai variabel bebas dan diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai variabel terikat. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode difusi cakram (*disk diffusion*).

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daun sirih hijau (*Piper betle* L.) segar, isolat bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, etanol 96%, media *Nutrient Agar* (NA), akuades steril, serbuk magnesium (Mg), larutan besi(III) klorida ($FeCl_3$), etil asetat, kloroform, asam sulfat pekat (H_2SO_4), pereaksi Mayer, pereaksi Wagner, pereaksi Dragendorff, asam asetat glasial, asam klorida pekat (HCl), dimetil sulfoksida (DMSO), kloramfenikol (kontrol positif), dan kertas cakram steril. Alat yang digunakan meliputi tabung reaksi, gelas beker, Erlenmeyer, gelas ukur, cawan Petri, neraca analitik, oven, autoklaf, *rotary*

evaporator, blender, mikropipet, inkubator, jangka sorong, jarum ose, dan pembakar Bunsen.

Persiapan Ekstrak Tumbuhan

Daun sirih hijau segar dicuci bersih, dikeringkan, dan dihaluskan menjadi serbuk simplisia. Sebanyak 70 g serbuk dimaserasi dalam 700 mL etanol 96% selama empat hari pada suhu ruang dengan pengadukan berkala. Filtrat disaring dan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C untuk menghasilkan ekstrak kental.

Skrining Fitokimia

Uji fitokimia kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi metabolit sekunder. Fenolik dan tanin diuji menggunakan larutan $FeCl_3$. Alkaloid diuji menggunakan pereaksi Mayer, Wagner, dan Dragendorff. Terpenoid dan steroid diidentifikasi dengan perubahan warna pada penambahan H_2SO_4 pekat. Flavonoid dan saponin dinilai melalui prosedur kolorimetri dan pembentukan busa standar .

Uji Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri dinilai menggunakan metode difusi cakram. Media *Nutrient Agar* disiapkan dan disterilkan. Suspensi bakteri diinokulasikan secara merata pada permukaan agar. Kertas cakram diimpregnasi dengan konsentrasi ekstrak 15%, 20%, dan 25% (b/v) yang disiapkan dalam DMSO. Kloramfenikol berfungsi sebagai kontrol positif, sedangkan etanol 96% sebagai kontrol negatif. Cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona hambat diukur menggunakan jangka sorong.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih hijau (*Piper betle* L.) terhadap bakteri Gram-negatif *Pseudomonas aeruginosa*. Pembahasan berikut secara sistematis menguraikan hasil ekstraksi, kandungan senyawa aktif, dan efektivitas penghambatan bakteri, serta menjelaskan hubungan sebab-akibat yang diamati.

Hasil Ekstraksi Daun Sirih Hijau

Ekstraksi simplisia daun sirih hijau pada awalnya dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Metode maserasi dipilih karena meminimalkan kerusakan pada senyawa termolabil akibat panas, sedangkan etanol 96% bertindak sebagai pelarut universal yang efektif dalam mengekstraksi senyawa polar maupun non-polar dari

matriks sel tanaman. Filtrat cair yang dihasilkan dari proses maserasi kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C untuk menghilangkan pelarut, menghasilkan ekstrak kental akhir.

Tabel 1 Hasil Ekstraksi Simplisia Daun Sirih Hijau

Berat Serbuk Simplisia (g) & Volume Pelarut (mL)	Metode Ekstraksi	Bentuk Ekstrak	Warna Ekstrak
70 & 700	Maserasi (4 hari)	Kental (Viscous)	Hitam Kecokelatan

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 70 gram serbuk simplisia, diperoleh jumlah ekstrak kental yang sangat terbatas (< 1 gram). Rendamen yang rendah ini diduga disebabkan oleh proses penyaringan manual yang berpotensi menahan sebagian filtrat atau durasi maserasi yang belum mencapai titik jenuh pelarut yang optimal. Meskipun jumlahnya sedikit, ekstrak yang dihasilkan memiliki karakteristik organoleptik yang khas, yaitu kental dengan aroma sirih yang tajam dan khas, yang mengindikasikan konsentrasi tinggi minyak atsiri dan senyawa fenolik di dalamnya.

Hasil Skrining Fitokimia

Analisis fitokimia kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi kelompok metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak etanol daun sirih hijau. Identifikasi ini sangat penting untuk memetakan senyawa mana yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri.

Tabel 2 Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Sirih Hijau

No.	Skrining Fitokimia	Hasil	Deskripsi / Pengamatan
1	Uji Fenolik	+	Ketika ditambahkan 5 tetes pereaksi, warna berubah menjadi lebih gelap dengan endapan cokelat.
2	Uji Flavonoid	-	Tidak ada perubahan warna yang diamati.
3	Uji Alkaloid (Mayer)	+	Ketika ditambahkan 5 tetes pereaksi, warna berubah menjadi hijau terang dengan adanya endapan.
4	Uji Alkaloid (Dragendorff)	+	Ketika ditambahkan 5 tetes pereaksi, warna berubah menjadi cokelat dengan adanya endapan putih/keruh.
5	Uji Terpenoid-Steroid	+	Ketika ditambahkan 5 tetes pereaksi,

			warna berubah menjadi merah dengan cincin pada sampel yang menunjukkan adanya senyawa terpenoid.
6	Uji Saponin I	-	Tidak ada busa yang terbentuk.
7	Uji Saponin II	-	Tidak ada busa yang terbentuk.
8	Uji Tanin	+	Ketika ditambahkan ke dalam 5 ml akuades dengan 1-2 tetes FeCl3, terbentuk endapan hitam kehijauan dari tanin terkondensasi.

Catatan: (+) Terdeteksi; (-) Tidak terdeteksi.

Hasil pada Tabel 2 mengonfirmasi bahwa ekstrak daun sirih hijau positif mengandung fenolik, alkaloid, terpenoid, dan tanin. Keberadaan senyawa fenolik dan tanin ditandai dengan perubahan warna yang signifikan dan pembentukan endapan setelah bereaksi dengan FeCl3. Senyawa fenolik (seperti kavikol dan eugenol) dan tanin diketahui memiliki mekanisme yang merusak membran sel bakteri dan menggumpalkan protein, yang sangat efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Alkaloid dan terpenoid juga terdeteksi, memperkuat potensi antibakteri dari ekstrak ini. Namun, flavonoid dan saponin tidak terdeteksi dalam sampel ini, kemungkinan karena konsentrasinya berada di bawah batas deteksi metode kualitatif yang digunakan atau efisiensi ekstraksi pelarut tertentu.

Aktivitas Antibakteri Terhadap *Pseudomonas aeruginosa*

Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih hijau (*Piper betle* L.) terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan menggunakan metode difusi cakram. Pengamatan visual pada cawan Petri setelah masa inkubasi 24 jam menunjukkan adanya zona bening di sekitar cakram perlakuan ekstrak dan kontrol positif, yang mengindikasikan penghambatan pertumbuhan bakteri.

Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram untuk mengukur diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar kertas cakram. Zona hambat dihitung menggunakan rumus lebar zona

bening (jari-jari zona bening dikurangi jari-jari cakram). Hasil visual untuk setiap pengulangan dan kontrol dirinci di bawah ini.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 1. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih hijau terhadap *P. aeruginosa*. (a-c) Menunjukkan zona hambat yang terbentuk pada konsentrasi 15%, 20%, dan 25% di tiga pengulangan; (d) Menunjukkan Kontrol Positif (Kloramfenikol) dan Kontrol Negatif (Etanol 96%)

Gambar 1. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih hijau terhadap *P. aeruginosa*. (a-c) Menunjukkan zona hambat yang terbentuk pada konsentrasi 15%, 20%, dan 25% di tiga pengulangan; (d) Menunjukkan Kontrol Positif (Kloramfenikol) dan Kontrol Negatif (Etanol 96%) .

Gambar 1 menunjukkan hasil pengulangan pertama. Tiga cakram yang berisi konsentrasi ekstrak 15% (kiri atas), 20% (kanan atas), dan 25% (bawah) ditempatkan pada permukaan agar yang diinokulasi dengan *P. aeruginosa*. Secara visual, zona bening terlihat jelas di sekitar ketiga cakram, menunjukkan bahwa ekstrak aktif pada konsentrasi tersebut. Zona hambat di sekitar cakram konsentrasi 25% tampak sedikit lebih lebar dan lebih jernih dibandingkan dengan konsentrasi 15% dan 20%, yang menunjukkan potensi efek ketergantungan dosis di mana konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan penghambatan yang lebih baik.

Berdasarkan bukti visual yang disajikan pada Gambar 1 (a–c), ekstrak etanol daun sirih hijau menunjukkan aktivitas antibakteri yang jelas, ditandai dengan pembentukan zona hambat di sekitar cakram pada ketiga pengulangan. Secara umum, konsentrasi 25% secara konsisten menunjukkan zona bening yang berbeda dan relatif lebih lebar dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah, menunjukkan efek penghambatan yang bergantung pada konsentrasi. Namun, sedikit anomali diamati pada Gambar 1b, di mana zona hambat pada konsentrasi 20% tampak lebih kecil dan kurang jelas dibandingkan dengan pengulangan pada Gambar 1a dan 1c, kemungkinan karena faktor teknis seperti ketebalan agar yang tidak seragam atau difusi yang tidak merata pada cawan tersebut. Gambar 1d

memvalidasi keandalan eksperimen; Kontrol Positif (K+) menampilkan zona hambat yang lebar, mengonfirmasi sensitivitas bakteri terhadap antibiotik, sementara Kontrol Negatif (K-) sama sekali tidak menunjukkan penghambatan, mengonfirmasi bahwa pelarut etanol 96% tidak berkontribusi pada aktivitas antibakteri yang diamati dalam perlakuan ekstrak.

Setelah inspeksi visual, lebar zona bening diukur. Zona hambat dihitung berdasarkan lebar area bening (jari-jari zona bening dikurangi jari-jari cakram). Rumus yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut (Magvirah et al., 2019):

Zona Hambat = $\frac{(D_v - D_c) + (D_h - D_c)}{2}$

Di mana:

- D_v = Diameter vertikal zona bening (mm)
- D_h = Diameter horizontal zona bening (mm)
- D_c = Diameter cakram (6 mm)

Data pengukuran yang dirangkum disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Pseudomonas aeruginosa*

Kelompok & Dosis	Zona Hambatper Ulangan (mm)	Rata-rata (mm)	Interpretasi
P1 (Ekstrak 15%)	2,26; 3,17; 4,52	3,32	Sedang
P2 (Ekstrak 20%)	2,40; 0,94; 4,39	2,58	Sedang
P3 (Ekstrak 25%)	3,27; 3,25; 4,26	3,59	Sedang
K(+) (Kloramfenikol)	22,37; 22,37; 22,37	22,37	Sangat Kuat
K(-) (Etanol 96%)	0; 0; 0	0	Tidak Aktif

Data kuantitatif pada Tabel 3 selaras dengan pengamatan visual pada Gambar 1. Ekstrak etanol daun sirih hijau menunjukkan aktivitas antibakteri kategori sedang terhadap *Pseudomonas aeruginosa* pada semua konsentrasi yang diuji. Konsentrasi 25% menghasilkan rata-rata zona hambat tertinggi (3,59 mm), menunjukkan bahwa konsentrasi ini memberikan aktivitas antibakteri yang paling efektif di antara yang diuji. Temuan ini mendukung prinsip bahwa konsentrasi senyawa bioaktif yang lebih tinggi memfasilitasi difusi yang lebih besar ke dalam media agar, sehingga memperluas zona hambat bakteri.

Korelasi antara Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri yang diamati dalam penelitian ini secara

langsung dikaitkan dengan senyawa bioaktif yang diidentifikasi dalam skrining fitokimia (Tabel 2). Keberadaan positif fenolik (seperti kavikol dan eugenol) memainkan peran penting dalam menghambat *P. aeruginosa*. Menurut Sadiah et al. (2022), senyawa fenolik bertindak sebagai racun bagi bakteri dengan mendenaturasi protein sel dan merusak struktur membran sel, yang menyebabkan lisis. Lebih lanjut, tanin yang terdeteksi dalam ekstrak berkontribusi pada aktivitas ini dengan mempresipitasi protein pada dinding sel bakteri dan menghambat enzim yang penting untuk metabolisme bakteri. Keberadaan alkaloid juga signifikan, karena alkaloid dapat mengganggu penyusun peptidoglikan dinding sel bakteri, mencegah dinding terbentuk dengan sempurna dan menyebabkan kematian sel. Efek sinergis dari fenolik, tanin, dan alkaloid ini memungkinkan ekstrak menembus membran luar kompleks bakteri Gram-negatif seperti *P. aeruginosa*.

Penurunan rata-rata zona hambat diamati pada konsentrasi 20% (2,58 mm) dibandingkan dengan konsentrasi 15% (3,32 mm). Penurunan kuantitatif ini sesuai dengan anomali visual yang diamati pada Ulangan 2 (di mana zonanya hanya 0,94 mm) dan dikaitkan dengan variabilitas eksperimental, seperti ketebalan agar yang tidak seragam atau kepadatan inokulasi yang tidak merata pada cawan tertentu, bukan karena kurangnya aktivitas biologis. Terlepas dari fluktuasi ini, tren umum terutama aktivitas puncak pada 25% menunjukkan bahwa ekstrak mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

Meskipun aktivitas ekstrak kasar secara signifikan lebih rendah daripada Kontrol Positif (Kloramfenikol), yang menunjukkan daya hambat sangat kuat (22,37 mm), hasil ini tetap signifikan untuk produk alami. Kontrol Negatif mengonfirmasi bahwa etanol 96% tidak memiliki efek penghambatan (0 mm), memastikan bahwa aktivitas yang diamati pada P1, P2, dan P3 semata-mata dikaitkan dengan fitokimia dalam daun sirih. Temuan ini konsisten dengan Septiani et al. (2024), yang juga melaporkan aktivitas sedang dari turunan daun sirih hijau terhadap *P. aeruginosa*, di mana senyawa seperti fenol dan sabinene diidentifikasi sebagai komponen aktif yang dominan. Selain itu, Hutauruk et al. (2025) menunjukkan bahwa sediaan gel

ekstrak etanol daun sirih hijau efektif terhadap *P. aeruginosa*, yang semakin memvalidasi potensi ekstrak tanaman ini sebagai agen antibakteri.

E. Kesimpulan

Kesimpulan akhir yang diperoleh dalam penelitian dan saran perbaikan yang dianggap perlu ataupun penelitian lanjutan yang relevan. Ekstrak etanol daun sirih hijau (Piper betle L.) menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Pseudomonas aeruginosa*. Aktivitas ini lemah namun konsisten pada konsentrasi yang diuji (15%, 20%, 25%), dengan konsentrasi 25% menunjukkan efek penghambatan terbesar. Aktivitas ini dikaitkan dengan adanya senyawa bioaktif seperti fenolik, tanin, dan alkaloid. Meskipun tidak sekuat antibiotik standar, temuan ini mengonfirmasi penggunaan etnobotani daun sirih dan mendukung potensinya sebagai sumber untuk mengembangkan agen antibakteri alami komplementer, terutama terhadap patogen yang resisten. Studi lebih lanjut untuk mengisolasi senyawa aktif, menentukan MIC/MBC, dan mengembangkan formulasi direkomendasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, T. H., Ikawati, Z., & Pratiwi, S. U. T. (2025). Antibacterial and Antibiofilm Activity Testing of Black Betel Leaves (*Piper betle* L. var. nigra) Ethanol Extract on *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* using Microdilution Method. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 10(1), 1-15.

Dewi, G. P., Kuntorini, E. M., & Pujawati, E. D. (2020). Struktur Anatomi dan Uji Histokimia Terpenoid dan Fenol Dua Varietas Sirih Hijau (*Piper betle* L.). *Bioscientiae*, 17(2), 1–14.

Hutauruk, D., Marpaung, J. K., Rumela, N., Laia, & Ginting, J. A. (2025). Effectiveness Test of Green Betel Leaf Ethanol Extract Gel Preparation (*Piper betle* L.) Against *Pseudomonas aeruginosa* Bacteria. *Journal of Innovative and Creativity*, 5(2), 13318–13323.

Magvirah, T., Marwati, & Ardhani, F. (2019). Uji Daya Hambat Bakteri *Staphylococcus aureus* Menggunakan Ekstrak Daun Tahongai (*Kleinhovia hospita* L.). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 2(2), 41–50.

Manarisip, G. E., Fatimawali, & Rotinsulu, H. (2020). Standarisasi Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Uji Antibakteri Terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Pharmacon*, 9(4), 533–541.

Mukafiah, N., & Sulistyani, N. (2022). Study of Antibacterial Activity of Green Betel Leaf (*Piper betle* L.)

and Red Betel Leaf (*Piper crocatum* L.) Extract Against *Pseudomonas aeruginosa* Bacteria. *Farmasains: Jurnal Farmasi dan Ilmu Kesehatan*, 7(1), 47–56.

Nayaka, N. M. D. M. W., et al. (2021). *Piper betle* (L): Recent Review of Antibacterial and Antifungal Properties, Safety Profiles, and Commercial Applications. *Molecules*, 26(2321), 1–21.

Nisyak, K., Hisbiyah, A., & Haqqo, A. (2022). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Minyak Atsiri Sirih Hijau Terhadap *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus*. *J-PhAM Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 5(1), 1–14.

Oliveira, C., Silva, L., & Sousa, D. (2020). Mechanisms of *Pseudomonas aeruginosa* Antibiotic Resistance. *Antibiotics*, 9(7), 452.

Sadiah, H. H., Cahyadi, A. I., & Windria, S. (2022). Kajian Potensi Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L) sebagai Antibakteri. *Jurnal Sain Veteriner*, 40(2), 128–138.

Septiani, L. E., Atmodjo, P. K., & Sidharta, B. B. R. (2024). Kandungan Metabolit dan Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Sirih Merah (*Piper crocatum*) Terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *Prosiding SENAPAS*, 2(1), 87–92.