



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Efektivitas Antimikroba Ekstrak Daun dan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp., dan *Salmonella* sp.

Antimicrobial Effectiveness of Averrhoa bilimbi L. Extracts from Leaves and Fruits on Pathogenic Bacteria: Staphylococcus aureus, Bacillus sp., and Salmonella sp.

Muhammad Nizhar Naufali^{1*}, Husnita Komalasari¹, Kartika Gemma Pravetri¹, Imam Adriansyah¹

¹Program Studi S1 Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

*Corresponding Author: E-mail: muhammad.nizhar@universitasbumigora.ac.id

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 28 May, 2025

Revised: 18 Jun, 2025

Accepted: 24 Jun, 2025

Kata Kunci:

Efektivitas

Antimikrobia

Averrhoa bilimbi L.

Keywords:

Effectiveness

Antimicrobial

Averrhoa bilimbi L.

DOI: 10.56338/jks.v8i6.7814

ABSTRAK

Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme patogen merupakan salah satu prioritas utama dalam bidang pangan, kesehatan, dan lingkungan. Salah satu strategi yang semakin dikembangkan adalah pemanfaatan senyawa antimikroba alami yang berasal dari tanaman. Ekstrak daun dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) diketahui mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi menghambat proliferasi mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas antimikroba dari ekstrak daun dan buah belimbing wuluh terhadap tiga jenis bakteri patogen, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp., dan *Salmonella* sp.. Metode yang digunakan adalah difusi agar dengan cakram kertas, di mana zona hambat yang terbentuk menjadi indikator aktivitas antibakteri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak daun memberikan daya hambat lebih besar dibandingkan ekstrak buah, terutama terhadap *S. aureus* (6,6 mm vs 3,5 mm) dan *Salmonella* sp. (7,3 mm vs 5 mm). Kedua jenis ekstrak menunjukkan daya hambat sedang terhadap *Bacillus* sp. (7,9 mm dan 6,2 mm). Perbedaan efektivitas ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh perbedaan kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang lebih melimpah pada bagian daun. Meskipun aktivitas antibakterinya belum melampaui antibiotik sebagai kontrol positif, temuan ini memperkuat potensi ekstrak daun belimbing wuluh sebagai agen antimikroba alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif senyawa sintetis.

ABSTRACT

Managing the spread and growth of harmful microorganisms remains a major focus in the areas of food safety, public health, and environmental protection. A promising approach under ongoing exploration is the application of natural antimicrobial agents sourced from plants. *Averrhoa bilimbi* (commonly known as belimbing wuluh) has both leaves and fruits that contain bioactive substances capable of suppressing microbial growth. This research investigates the antimicrobial potential of extracts from the plant's leaves and fruits against three pathogenic bacteria: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp., and *Salmonella* sp. The study employed the agar diffusion method using paper discs to assess antibacterial performance, measured through the size of the inhibition zones. Findings revealed that the leaf extract exhibited greater antibacterial activity compared to the fruit extract, particularly against *S. aureus* (6.6 mm vs 3.5 mm) and *Salmonella* sp. (7.3 mm vs 5 mm). Both extracts had moderate inhibitory effects on *Bacillus* sp. (7.9 mm and 6.2 mm). The difference in performance is likely attributed to the higher concentration of active compounds—such as flavonoids, tannins, and saponins—in the leaves. While the antibacterial effect of the extracts did not surpass that of the antibiotic control, the results highlight the potential of *Averrhoa bilimbi* leaf extract as a natural antibacterial alternative worthy of further development.

PENDAHULUAN

Mikroorganisme patogen mencakup bakteri, virus, dan jamur yang memiliki kemampuan untuk melekat dan menimbulkan penyakit di dalam tubuh inang. Potensi patogenik ini terjadi karena mikroorganisme patogen memanfaatkan sumber daya inang dan menciptakan lingkungan yang kondusif untuk infeksi oportunistik, dimana gangguan ini secara signifikan mengganggu keseimbangan fisiologis (Shivani Sakthivel 2023). Upaya pengendalian pertumbuhan mikroba menjadi fokus utama dalam bidang pangan, kesehatan, dan lingkungan. Salah satu pendekatan yang terus dikembangkan adalah penggunaan senyawa antimikroba alami yang bersumber dari tanaman maupun produk fermentasi. Pendekatan ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap antimikroba atau antibiotik sintetis yang berpotensi menyebabkan resistensi mikroba. Antimikroba adalah zat alami atau sintetis yang dapat menekan pertumbuhan atau membunuh mikroorganisme seperti jamur, alga, dan bakteri (Burnett-Boothroyd dan McCarthy 2011). Salah dua contoh dari antimikroba alami adalah ekstrak daun belimbing wuluh.

Ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) memiliki senyawa bioaktif yang meliputi flavonoid, tanin, dan saponin yang berperan dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, dimana rerata diameter zona hambat dari aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sebesar 13.13 mm dan 8.63 mm untuk *Escherichia coli* (Ayu Chintia Devi Pendit, Zubaidah, dan Heppy Sriherfyna 2016). Ekstrak daun belimbing wuluh juga efektif menekan pertumbuhan bakteri patogen pangan lainnya seperti *Bacillus cereus*, *Enterobacter* sp., dan *Pseudomonas* sp. dengan diameter zona hambat masing-masing sebesar 11.43, 6.32, dan 4.94 mm (Soedirga 2019). Selain daun belimbing wuluh, produk fermentasi juga berpotensi sebagai antimikroba alami dengan cara membuat lingkungan yang toksik melalui metabolit antimikroba yang dihasilkan dari metabolisme asam amino aromatik seperti fenetil alkohol dan asam fenilaktik yang secara langsung menargetkan *S. aureus* dan *L. monocytogenes*, sehingga memperpanjang umur simpan bahan pangan (Naz, Cretenet, dan Vernoux 2013). Salah satu contoh produk fermentasi yang memiliki kemampuan antimikroba adalah pekasam, produk ikan fermentasi yang banyak ditemui di Klaimantan dan Sumatera. Sifat antimikroba yang dimiliki oleh pekasam berasal dari asam-asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi, dimana asam-asam organik ini akan menyebabkan protein pada sel bakteri patogen mengalami denaturasi melalui proses plasmolisis karena asam-asam organik tersebut menurunkan pH lingkungan sehingga terjadi ketidakseimbangan pH di dalam dan luar sel bakteri patogen (Qiera Zelia Azzahra dan Fadly 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas antimikroba ekstrak daun belimbing wuluh dan buah belimbing wuluh terhadap tiga jenis bakteri patogen, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp., dan *Salmonella* sp. melalui metode difusi agar dimana zona hambat atau zona bening yang terbentuk disekitar cakram uji pada media kultur digunakan sebagai indikator efektivitas senyawa antimikroba yang sedang diuji. Selain itu, pemilihan *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp., dan *Salmonella* sp. dalam penelitian ini didasarkan pada prevalensinya sebagai penyebab penyakit dan kontaminan umum dalam produk pangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih positif bagi pengembangan antimikroba alami sebagai alternatif pengganti senyawa sintetis dalam bidang pangan.

METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan memberikan perlakuan pada seluruh kelompok. Pengujian efektivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi agar menggunakan kertas cakram.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunsen, pipet steril, vortex, incubator, pinset steril dan jangka sorong. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain daun belimbing wuluh, buah belimbing wuluh, kultur cair bakteri uji larutan pengencer, media Nutrienr Agar (NA), Cakram Antibiotik CT0998B dan pelubang agar.

Pembuatan ekstrak daun dan buah belimbing wuluh dilakukan berdasarkan metode yang telah dilaksanakan oleh (Supriyadi & Supriyanto, 2022) Buah atau daun belimbing wuluh dicuci bersih, kemudian dibersihkan. Setelah itu dihancurkan dengan cara penumbukan menggunakan mortar kemudian diambil ekstrakanya.

Pembuatan media Nutrient Agar (NA) dilakukan berdasarkan metode (Kurniawati, 2017). Sebanyak 4,2 gram media NA dilarutkan dalam 15 ml aquades dan dipanaskan hingga mendidih dan mengental serta berwarna kuning kecoklatan. Kemudian media NA disterilkan menggunakan autoclave dan dituang ke dalam cawan petri.

Uji difusi agar dengan kertas cakram diawali dengan penyiapan medium Nutrient Agar (NA) dan diinokulasikan dengan 0,1% suspensi bakteri uji (fase log akhir, konsentrasi 103-105 CFU/ml). Selanjutnya tuangkan media tersebut ke dalam cawan petri steril dan biarkan sampel tersebut sampai memadat. Disiapkan kultur mikroba yaitu bakteri *Staphylococcus aureus*, *Bacillus sp.*, dan *Salmonella sp.* Kemudian ditetaskan kultur mikroba sebanyak 60µl dan diratakan di atas media NA agar dan diratakan. Selanjutnya dicelupkan kertas cakram ke dalam sampel uji antibakteri yaitu antibiotik, daun belimbing wuluh dan buah belimbing wuluh. Setelah itu diinkubasi selama 24 jam.

Kemampuan inaktivasi mikroba diperoleh dengan menghitung diameter zona hambat mikroba. Diameter zona bening yang terbentuk diukur menggunakan penggaris dalam satuan milimeter (mm). Kemudian hasil tersebut dijadikan ukuran kuantitatif zona hambat yang terbentuk (Pattipeilohy et al., 2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Perbandingan Efektivitas Daun dan Buah Belimbing Wuluh

Bakteri Uji	Diameter Zona Hambatan Pada Kontrol Antibiotik (mm)	Diameter Zona Hambatan Terhadap Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (mm)			Rata - rata	Kekuatan Daya Hambat
	Positif	Ulangan				
		1	2	3		
<i>S. aureus</i>	6	6.7	6.5	6.5	6.6	Sedang
<i>Bacillus sp.</i>	11	8	8.1	7.7	7.9	Sedang
<i>Salmonella sp.</i>	6	7.1	7.4	7.3	7.3	Sedang

Tabel 2. Respons Bakteri Uji terhadap Ekstrak

Bakteri Uji	Diameter Zona Hambatan Pada Kontrol Antibiotik (mm)	Diameter Zona Hambatan Terhadap Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (mm)			Rata - rata	Kekuatan Daya Hambat
	Positif	Ulangan				
		1	2	3		
<i>S. aureus</i>	6	3.7	3.4	3.4	3.5	Lemah
<i>Bacillus sp.</i>	11	6.3	6.2	6.2	6.2	Sedang
<i>Salmonella sp.</i>	6	5.2	5	4.9	5	Lemah

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap pertumbuhan tiga jenis bakteri uji, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus sp.*, dan *Salmonella sp.* Efektivitas diukur berdasarkan diameter zona hambat (mm) yang terbentuk di sekitar sumuran pada media agar.

Perbandingan Efektivitas Daun dan Buah Belimbing Wuluh

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) memiliki daya hambat yang lebih tinggi terhadap pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan ekstrak buahnya. Hal ini terlihat dari ukuran zona hambat yang dihasilkan pada pengujian terhadap tiga jenis bakteri, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*, dan *Bacillus sp.* Terhadap *S. aureus*, ekstrak daun menghasilkan zona hambat rata-rata sebesar 6,6 mm, sementara ekstrak buah hanya 3,5 mm. Pada *Salmonella sp.*, ekstrak daun menunjukkan zona hambat 7,3 mm, lebih besar dari buah yang hanya 5 mm. Sedangkan pada *Bacillus sp.*, ekstrak daun menghasilkan zona hambat 7,9 mm dan buah 6,2 mm, keduanya tergolong dalam klasifikasi daya hambat sedang.

Perbedaan efektivitas ini diduga kuat disebabkan oleh kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, tanin, dan polifenol yang lebih tinggi pada daun. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas antibakteri yang bekerja dengan cara merusak membran sel bakteri, mengganggu sintesis protein, dan menghambat enzim penting dalam metabolisme mikroorganisme (Cowan, 1999; Cushnie & Lamb, 2005). Studi lain oleh Pratiwi et al. (2019) juga menyebutkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh memiliki aktivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan ekstrak buah, karena kandungan fenolik dan flavonoid yang lebih melimpah. Oleh karena itu, ekstrak daun belimbing wuluh berpotensi lebih efektif sebagai agen antibakteri alami dibandingkan buahnya, dan dapat dijadikan alternatif dalam pengembangan produk antimikroba berbasis tanaman. Arung et al (2010) juga menyebutkan daun belimbing wuluh diketahui mengandung senyawa seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang memiliki aktivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang lebih dominan mengandung asam organik seperti asam oksalat dan vitamin C.

Respons Bakteri Uji terhadap Ekstrak

Berdasarkan Tabel 2, ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) menunjukkan aktivitas antibakteri yang bervariasi terhadap tiga jenis bakteri uji, yakni *Staphylococcus aureus*, *Bacillus sp.*, dan *Salmonella sp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak buah menghasilkan zona hambat rata-rata sebesar 3,5 mm terhadap *S. aureus* dan 5,0 mm terhadap *Salmonella sp.*, yang dikategorikan sebagai daya hambat lemah. Sementara terhadap *Bacillus sp.*, zona hambat mencapai 6,2 mm yang termasuk dalam daya hambat sedang. Sedangkan kontrol positif berupa antibiotik menghasilkan zona hambat sebesar 6 mm untuk *S. aureus* dan *Salmonella sp.*, serta 11 mm untuk *Bacillus sp.*, yang menunjukkan bahwa efektivitas ekstrak buah belimbing wuluh masih lebih rendah dibandingkan antibiotik standar. Lemahnya daya hambat ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya kadar senyawa bioaktif dalam buah, seperti flavonoid, saponin, dan tanin yang diketahui berperan penting dalam aktivitas antibakteri (Cowan, 1999; Cushnie & Lamb, 2005).

Respon masing-masing bakteri terhadap perlakuan ekstrak juga dipengaruhi oleh struktur dinding sel dan sifat biologisnya. *Bacillus sp.*, sebagai bakteri Gram positif non-patogen, menunjukkan kerentanan tertinggi dengan zona hambat terbesar dari kedua jenis ekstrak. Hal ini sejalan dengan teori bahwa bakteri Gram positif cenderung lebih mudah diinhibisi karena tidak memiliki lapisan membran luar, sehingga senyawa antibakteri lebih mudah menembus dinding selnya (Madigan et al., 2015). Sebaliknya, *Salmonella sp.* yang termasuk Gram negatif memperlihatkan resistensi yang lebih tinggi, terutama terhadap ekstrak buah, karena memiliki lapisan luar lipopolisakarida (LPS) yang bersifat hidrofobik dan mampu menghalangi penetrasi senyawa fitokimia (Nikaido, 2003). Meskipun *S. aureus* juga tergolong Gram positif, daya hambat terhadap ekstrak buah tetap rendah, diduga karena adanya

mekanisme pertahanan seperti produksi enzim inaktivator dan kemampuan membentuk biofilm (Cushnie & Lamb, 2005), sehingga efektivitas antibakterinya berkurang.

Selain itu, efektivitas ekstrak sangat bergantung pada bagian tanaman yang digunakan. Misalnya, pada *S. aureus*, ekstrak daun menghasilkan zona hambat yang lebih tinggi (6,6 mm) dibandingkan buah (3,5 mm), yang menunjukkan konsentrasi senyawa antibakteri lebih tinggi dalam daun. Senyawa seperti flavonoid, tanin, dan saponin dalam daun berfungsi merusak membran sel, menggumpalkan protein, dan menghambat enzim bakteri (Cowan, 1999; Cushnie & Lamb, 2005). Untuk *Salmonella sp.*, meskipun tergolong Gram negatif dan cukup resisten, ekstrak daun tetap mampu menghasilkan hambatan sedang (7,3 mm), menunjukkan bahwa konsentrasi dan komposisi senyawa bioaktif sangat berpengaruh. Dengan demikian, keberhasilan penggunaan belimbing wuluh sebagai agen antibakteri tidak hanya ditentukan oleh kandungan fitokimianya, tetapi juga oleh sifat struktural dan biologis dari masing-masing bakteri yang diuji (Yuliani & Retnaningtyas, 2018).

Perbandingan dengan Kontrol Positif (Antibiotik)

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, kontrol positif berupa antibiotik menunjukkan zona hambat tertinggi terhadap *Bacillus sp.* sebesar 11 mm, sementara terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.* masing-masing sebesar 6 mm. Hal ini menunjukkan bahwa antibiotik memiliki efektivitas antibakteri yang kuat, terutama terhadap bakteri Gram positif seperti *Bacillus sp.* Ekstrak daun belimbing wuluh juga menunjukkan aktivitas yang mendekati kontrol antibiotik terhadap *Salmonella sp.* (7,3 mm vs 6 mm) dan *Bacillus sp.* (7,9 mm vs 11 mm), serta sedikit lebih tinggi dari antibiotik terhadap *S. aureus* (6,6 mm vs 6 mm), meskipun klasifikasi daya hambatnya masih tergolong sedang.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa meskipun daya hambat ekstrak tumbuhan secara umum masih berada di bawah antibiotik sintetis, namun ekstrak daun belimbing wuluh memiliki potensi signifikan sebagai agen antibakteri alami. Efektivitas yang relatif tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan senyawa fitokimia seperti flavonoid, tanin, dan saponin dalam daun dibandingkan buahnya (Pratiwi et al., 2019). Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki berbagai mekanisme antibakteri, seperti mengganggu permeabilitas membran sel, menghambat aktivitas enzim, serta menyebabkan kerusakan struktural pada dinding sel bakteri (Cowan, 1999; Cushnie & Lamb, 2005). Hal ini menunjukkan bahwa potensi pengembangan ekstrak daun sebagai agen antimikroba cukup besar, terutama dalam konteks resistensi antibiotik yang kian meningkat.

Hasil penelitian ini mendukung peran ekstrak daun belimbing wuluh sebagai kandidat terapi alternatif berbasis bahan alam. Terlebih lagi, dalam konteks kebutuhan global akan senyawa antibakteri baru yang lebih aman dan ramah lingkungan, pemanfaatan fitokimia dari tanaman lokal seperti belimbing wuluh menjadi sangat relevan. Pendekatan ini sejalan dengan tren farmakoterapi modern yang mengedepankan penggunaan bahan alam sebagai sumber senyawa aktif yang efektif dan memiliki risiko efek samping yang lebih rendah dibandingkan antibiotik sintetis (Newman & Cragg, 2016).

Klasifikasi Daya Hambat

Klasifikasi efektivitas antibakteri suatu senyawa berdasarkan diameter zona hambat mengacu pada pedoman dari Clinical and Laboratory Standards (CLS, 2018), yang membagi kekuatan daya hambat menjadi tiga kategori: < 5 mm sebagai lemah, 5–10 mm sebagai sedang, dan >10 mm sebagai kuat. Berdasarkan kriteria ini, ekstrak belimbing wuluh—baik bagian daun maupun buah—memiliki aktivitas antibakteri dalam kisaran lemah hingga sedang terhadap ketiga bakteri uji, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus sp.*, dan *Salmonella sp.*

Tabel 1 menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh memberikan zona hambat rata-rata sebesar 6,6 mm terhadap *S. aureus*, 7,9 mm terhadap *Bacillus sp.*, dan 7,3 mm terhadap *Salmonella sp.* Seluruh nilai tersebut termasuk dalam kategori sedang. Artinya, senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun memiliki kemampuan menekan pertumbuhan bakteri, walaupun belum sekuat antibiotik kontrol positif. Sebagai perbandingan, antibiotik menghasilkan zona hambat sebesar 6 mm untuk *S. aureus* dan *Salmonella sp.*, serta 11 mm untuk *Bacillus sp.*, yang dikategorikan kuat untuk *Bacillus sp.* dan sedang untuk dua bakteri lainnya.

Berdasarkan Tabel 2, ekstrak buah belimbing wuluh menunjukkan aktivitas yang lebih rendah. Zona hambat rata-rata terhadap *S. aureus* hanya 3,5 mm dan terhadap *Salmonella sp.* sebesar 5,0 mm, yang masing-masing masuk dalam kategori lemah. Hanya terhadap *Bacillus sp.* ekstrak buah menunjukkan daya hambat sedang, dengan zona rata-rata 6,2 mm. Perbedaan daya hambat ini mengindikasikan bahwa kandungan senyawa antibakteri pada daun lebih tinggi dibandingkan buah. Menurut Cowan (1999), metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, dan tanin yang sering terkandung dalam bagian daun memiliki kemampuan merusak dinding sel bakteri dan menghambat proses vital seperti sintesis protein dan asam nukleat. Senyawa-senyawa tersebut juga memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap bakteri Gram positif yang tidak memiliki membran luar pelindung (Cushnie & Lamb, 2005).

Secara keseluruhan, meskipun efektivitas antibakteri ekstrak belimbing wuluh masih berada di bawah antibiotik sintetis—terutama terhadap *Bacillus sp.* dengan zona hambat mencapai 11 mm—aktivitas penghambatan kategori sedang yang ditunjukkan oleh ekstrak daun mengindikasikan adanya potensi yang signifikan sebagai sumber agen antibakteri berbasis bahan alam. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian oleh Yuliani dan Retnaningtyas (2018), yang mengemukakan bahwa efektivitas antimikroba dari tanaman herbal sangat dipengaruhi oleh bagian tanaman yang digunakan serta struktur dinding sel bakteri target. Berdasarkan hal tersebut, ekstrak daun belimbing wuluh menunjukkan prospek yang lebih menjanjikan dibandingkan bagian buahnya untuk dikembangkan sebagai kandidat bahan antibakteri alternatif dalam bidang fitofarmaka atau terapi berbasis tanaman.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Ekstrak daun belimbing wuluh menunjukkan aktivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan buah terhadap ketiga bakteri uji.
2. *Bacillus sp.* merupakan bakteri paling rentan terhadap kedua jenis ekstrak, sedangkan *Salmonella sp.* menunjukkan resistensi paling tinggi terhadap ekstrak buah.
3. Kekuatan daya hambat ekstrak daun dan buah belimbing wuluh secara umum berada dalam kategori lemah hingga sedang. Ekstrak daun belimbing wuluh memiliki potensi sebagai antibakteri alami dan dapat menjadi alternatif dalam pengendalian bakteri patogen pada pangan.

SARAN

Saran yang dapat ditarik dari hasil penelitian tersebut untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan isolasi dan identifikasi senyawa aktif dari daun belimbing wuluh untuk mengetahui komponen bioaktif utama yang berperan sebagai antibakteri.
2. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan konsentrasi ekstrak yang bervariasi serta metode uji lainnya seperti MIC dan MBC untuk memperkuat hasil.
3. Uji toksisitas terhadap sel manusia perlu dilakukan untuk memastikan keamanan penggunaan ekstrak dalam aplikasi pangan atau farmasi.
4. Penelitian serupa dapat diperluas dengan menguji efektivitas terhadap jenis mikroba lain dan dalam formulasi produk akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Arung, E. T., et al. (2010). Antimicrobial activity of flavonoid compounds isolated from plant extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(2), 380–385.
- Atrill, P., McLaney, E., & Harvey, D. (2015). Accounting: an introduction. Accounting: an introduction (Sixth Edit). Melbourne: Pearson. <https://doi.org/10.1002/9781118267745.ch6>
- Ayu Chintia Devi Pedit, Putu, Elok Zubaidah, dan Feronika Heppy Sriherfyna. 2016. “Karakteristik Fisik-Kimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.).” *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 4(1): 400–409.
- Burnett-Boothroyd, S.C., & B.J. McCarthy. 2011. “Antimicrobial treatments of textiles for hygiene and infection control applications: an industrial perspective.” *Textiles for Hygiene and Infection Control*: 196–209. doi:10.1533/9780857093707.3.196.
- Cachon, G. P., & Terwiesch, C. (2013). Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management. Book (Third Edit). New York: McGraw-Hill/Irwin. <https://doi.org/10.2307/1271510>.
- Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.*, 12(4), 564–582.
- Cushnie, T.P.T., & Lamb, A.J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 26(5), 343–356.
- CLSI. (2018). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. Clinical and Laboratory Standards Institute, 28th ed.
- Coppola, D. P. (2011). Introduction to International Disaster Management. Introduction to International Disaster Management (Third Edit). Oxford: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64027-7>
- Lee, J. Y., Kozlenkova, I. V., & Palmatier, R. W. (2014). Structural marketing: using organizational structure to achieve marketing objectives. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 73–99. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0402-9>
- Madigan, M. T., et al. (2015). Brock Biology of Microorganisms, 14th ed. Pearson Education.
- Moorman, C., & Day, G. S. (2016). Organizing for Marketing Excellence. *Journal of Marketing*, 80(6), 6–35. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0423>
- Naz, S, M Cretenet, & J P Vernoux. 2013. “Current knowledge on antimicrobial metabolites produced from aromatic amino acid metabolism in fermented products.” *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education* 1: 337–46.
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2016). Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014. *Journal of Natural Products*, 79(3), 629–661.
- Nikaido, H. (2003). Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 593–656.
- Qiera Zelia Azzahra, Uray, & Dzul Fadly. 2024. “Antimicrobial Activity of Lactic Acid Bacteria Isolate from Traditional Fermented Food Pekasam from Sambas Regency Kalimantan Barat.” *Journal of Nutrition College* 13(2): 196–203.
- Pratiwi, R. S., Rini, I. A., & Sutrisna, E. (2019). Kandungan senyawa aktif dan uji aktivitas antibakteri ekstrak daun dan buah belimbing wuluh terhadap E. coli dan S. aureus. *Jurnal Farmasi Galenika*, 5(1), 37–44.
- Shivani Sakthivel. 2023. “Pathogenesis of Microbial Disease: Review Article.” *International Journal of Orofacial Biology* 7(1): 19–26. doi:10.56501/intjorofacbiol.v7i1.799.
- Soedirga, Lucia Crysanthi. 2019. “Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) Terhadap Bakteri Patogen Pangan.” *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi (Journal of Science and Technology)* 3(2): 27–34.

- Walker, S. P. (2015). Accounting and Preserving the American Way of Life. *Contemporary Accounting Research*, 32(4), 1676–1713. <https://doi.org/10.1111/1911-3846.12128>
- Yuliani, S., & Retnaningtyas, E. (2018). Aktivitas antibakteri ekstrak belimbing wuluh terhadap bakteri penyebab infeksi saluran kemih. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 15(2), 125–130.