



Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus* Dan *Salmonella Typhimurium*

Vanessa Halim, Gilbert Lister, Evelyn Angie

PUI Phyto Degenerative & Lifestyle Medicine, Universitas Prima Indonesia, Indonesia

Email: vhalim65@gmail.com, glisterasia@gmail.com, evelyn.angie97@gmail.com

Abstrak:

Infeksi bakteri masih menjadi salah satu penyebab utama masalah kesehatan yang memerlukan penanganan serius. Resistensi bakteri terhadap antibiotik sintetis semakin meningkat sehingga mendorong penelitian terhadap sumber antibakteri alami, salah satunya kulit buah pepaya (*Carica papaya L.*) yang diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium* berdasarkan diameter zona hambat pertumbuhan bakteri. Jenis penelitian ini yaitu eksperimental dengan design penelitian Post Test Only Control Group Design. Data dianalisis menggunakan uji normalitas, homogenitas, ANOVA satu arah, dan uji lanjut Tukey HSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya mengandung flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid, sedangkan tanin tidak terdeteksi. Aktivitas antibakteri terlihat pada semua konsentrasi dengan peningkatan zona hambat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Zona hambat tertinggi pada *E. coli* (14,70 mm), diikuti oleh *S. aureus* (13,76 mm), dan *S. typhimurium* (11,66 mm). Hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan ($p < 0,05$). Kesimpulan dari penelitian ini adalah ekstrak kulit buah pepaya memiliki potensi sebagai antibakteri alami, dengan efektivitas paling tinggi terhadap *Escherichia coli* dan konsentrasi 100% sebagai konsentrasi terbaik dalam menghambat pertumbuhan ketiga bakteri. Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan isolasi senyawa aktif yang berperan dominan dalam aktivitas antibakteri kulit buah pepaya serta pengujian lebih lanjut terhadap bakteri lain, baik Gram positif maupun Gram negatif, untuk memperluas potensi penggunaannya dalam bidang kesehatan.

Kata kunci: Kulit buah pepaya, Antibakteri, Zona hambat, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*

Abstract:

Bacterial infections remain one of the major health problems requiring serious attention. The increasing resistance of bacteria to synthetic antibiotics has encouraged research on natural antibacterial sources, one of which is papaya (*Carica papaya L.*) peel, known to contain various bioactive compounds. This study aimed to analyze the antibacterial activity of papaya peel extract against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella typhimurium* based on the diameter of the bacterial growth inhibition zone. This research employed an experimental design with a Post-Test Only Control Group Design. Data were analyzed using normality test, homogeneity test, one-way ANOVA, and Tukey HSD post hoc test. The results showed that papaya peel extract contains flavonoids, alkaloids, saponins, glycosides, and steroids/terpenoids, while tannins were not detected. Antibacterial activity was observed at all concentrations, with inhibition zones increasing in line with extract concentration. The highest inhibition zone was found against *E. coli* (14.70 mm), followed by *S. aureus* (13.76 mm), and *S. typhimurium* (11.66 mm). ANOVA results indicated a significant difference among treatment groups ($p < 0.05$). It can be concluded that papaya peel extract has potential as a natural antibacterial agent, with the strongest effectiveness against *Escherichia coli* and 100% concentration as the most effective in inhibiting the growth of the three bacteria. Further research is recommended to isolate the active compounds responsible for the antibacterial activity of papaya peel and to conduct broader testing against other Gram-positive and Gram-negative bacteria to expand its potential applications in the health sector.

Keywords: Papaya peel, Antibacterial, Inhibition zone, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*

Corresponding: Vanessa Halim

E-mail: vhalim65@gmail.com



PENDAHULUAN

Pepaya, buah padat nutrisi dengan banyak manfaat kesehatan. Mengandung vitamin A dengan nutrisi yang paling melimpah dalam buah pepaya. Pepaya biasanya dipanen dan didistribusikan saat belum matang dan dalam berbagai tahap pematangan. Permintaan buah pepaya diperkirakan akan meningkat sebagai akibat dari meningkatnya kesadaran masyarakat akan nilai gizi buah tersebut, sehingga pasokan yang lebih banyak juga diperlukan. Dengan demikian, perlunya perluasan budidaya dan peningkatan hasil papaya (Alfian Firlansyah et al., 2021; Firlansyah et al., 2021; Helsaputra et al., 2021; Kurniawan, 2023; Permadani et al., 2023).

Di Indonesia, pepaya merupakan buah yang populer. Sebagai buah padat nutrisi, pepaya penuh dengan antioksidan, enzim, serat, kalori, karbohidrat, protein, serta vitamin yang mempunyai efek positif pada tubuh, termasuk menurunkan kolesterol, membantu penderita diabetes, menambah kekebalan tubuh, mencegah radang sendi, menurunkan stres, mengurangi rasa sakit, mencegah kanker prostat dan usus besar, meningkatkan kesehatan mata, dan mencegah gejala penuaan. Selain itu, pepaya mengandung nutrisi penting untuk tubuh kita, seperti Vitamin A yang tidak sering ada pada buah-buahan lain (Farm, 2019; Feni et al., 2022; Rizka Nurlaila et al., 2022; Yuliasuti & Nova, 2021).

Kulit papaya dan buah papaya memiliki kandungan yang sama, dimana terdapat jenis enzim yang berbeda pada kulit pepaya yang belum matang dan yang sudah matang. Dibandingkan dengan kulit pepaya matang, kulit buah pepaya muda mengandung lebih banyak enzim papain. Kulit pada buah pepaya mengandung lebih banyak senyawa, mineral, flavonoid, alkaloid, fenol, 0,5 gram protein, 12,20 gram lemak dan karbohidrat, dan vitamin yang sangat penting untuk menetralkan radikal bebas. Sifat antioksidan kuat yang terlihat pada kulit pepaya mirip dengan benzofenon (Firmansyah, 2023).

Selain enzim papain, pada kulit pepaya terdapat alkaloid karpina, glukosid, saponin, sakrosa, flavonoid, dextrosa. Kulit pepaya memiliki kandungan yang bermanfaat sehingga wajar apabila dapat dikonsumsi ketika tidak tercemar bahan kimia. Pemanfaatan kulit pepaya sebenarnya telah lama dikenal oleh masyarakat Papua Nugini. Selain dikonsumsi, kulit pepaya juga digunakan sebagai obat tradisional untuk mengatasi ruam pada kulit, luka akibat terbakar sinar matahari, bahkan dimanfaatkan untuk membantu mengurangi noda hitam pada wajah (Ariani, 2019).

Kulit pepaya yang masih muda mengandung enzim dalam kadar tinggi, serta beragam vitamin seperti A, B, C yang berperan dalam menangkal radikal bebas. Selain itu, terdapat pula mineral seperti kalsium, fosfor, kalium, dan zat besi, disertai protein sebesar 0,5 gram, lemak, karbohidrat sebanyak 12,20 gram, serta senyawa bioaktif berupa flavonoid, alkaloid, fenol. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kulit pepaya muda berpotensi sebagai antimalaria, sedangkan kulit pepaya matang bermanfaat untuk antioksidan, tabir surya, serta pelembap alami. Aktivitas antioksidan pada kulit pepaya tergolong kuat, dengan nilai 50–70 µg/ml yang setara benzo fenon yaitu 11,419–12,717 µg/ml (Endra, 2022).

Produksi pepaya di 2014 yaitu 44.678 atau 29,47 %, tahun 2015 yaitu 47,352 ton atau 31,13% (Ariani, 2019). Dari data BPS (2020), produksi pepaya di Indonesia naik, yaitu tahun 2017 produksinya 80 364,00 ton, tahun 2019 jadi 105 598,00 ton. Dari BPS (2019) selama 11

tahun terakhir (2007-2017) jumlah konsumsi pepaya di Indonesia mengalami peningkatan signifikan meningkat sebesar 52, 10 kg perkapita atau naik sampai 100% dari tahun sebelumnya.

Data produksi menunjukkan pepaya memiliki potensi yang cukup besar. Kulit buah yang biasanya hanya menjadi limbah ternyata mengandung nilai gizi yang bermanfaat, baik untuk manusia maupun makhluk hidup lainnya. Beberapa penelitian sebelumnya bahkan sudah memanfaatkan limbah kulit buah diolah jadi bahan makanan, obat, maupun kosmetik. Secara khusus, hasil penelitian terdahulu mengungkapkan kulit pepaya muda mempunyai berbagai khasiat yang penting (Kartika, 2019).

Penyakit infeksi masih jadi masalah kesehatan umum dijumpai di negara berkembang, termasuk Indonesia. Infeksi ini umumnya dipicu oleh keberadaan bakteri (Winata et al., 2023). Beberapa contoh penyakit infeksi yang sering dialami masyarakat antara lain infeksi akibat Enterobacteria seperti *Escherichia coli*, serta infeksi kulit yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*. *Staphylococcus aureus*, anggota keluarga Micrococcaceae, merupakan penyebab utama berbagai infeksi pada tubuh, seperti kulit, jaringan lunak, saluran pernapasan, tulang, sendi, sistem pembuluh darah. Di Indonesia, infeksi oleh bakteri ini cukup sering terjadi, meskipun tingkat kematiannya relatif rendah (Andry et al., 2020).

Dengan mengganggu metabolisme bakteri, zat antibakteri dapat menghambat pertumbuhannya atau bahkan menyebabkan kematian bakteri. Hanya ketika antibakteri memiliki sifat toksik selektif, yaitu kemampuan untuk membasmi bakteri penyebab penyakit yang tidak berbahaya bagi pasien yang dapat digunakan. Jumlah bakteri yang ada, masa inkubasi, pH, stabilitas suhu senyawa, dan aktivitas metabolisme bakteri semuanya memengaruhi seberapa efektif senyawa antibakteri (Karisma, 2019).

Penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen dikenal sebagai penyakit yang berinfeksi. Bakteri termasuk mikroba patogen. Antibiotik dipakai untuk pengobatan gangguan infeksi dikarenakan bakteri ini. Mikroorganisme yang resisten terhadap antibiotik dapat timbul akibat dari penggunaan antibiotik yang tidak tepat (Rahman, 2021).

Bakteri dapat menginfeksi bagian tubuh tertentu dan menghasilkan berbagai penyakit. *Escherichia coli* yaitu salah satu kuman yang dapat berkembang biak, berkembang, dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Bakteri enterik gram negatif, seperti *Escherichia coli*, umum terjadi pada usus besar manusia (Enterobacteriaceae). Namun bakteri ini akan bersifat berbahaya jika tidak berada di dalam usus (Marbun & Situmorang, 2020).

Staphylococcus aureus, bakteri gram positif dan bulat, umunya terlihat dalam rantai asimetris menyerupai anggur. Mereka dianggap sebagai flora normal pada kulit serta selaput lendir manusia. Beberapa dari mereka mengakibatkan abses, penyakit pyogenous, bahkan septicemia yang mematikan (Amalia et al., 2016).

Salmonella typhimurium bakteri gram negatif berbentuk batang yang tumbuh dengan mudah pada biji biasa dan bergerak dengan flagel. *Salmonella* dapat bertahan hidup untuk waktu yang lama di tanah, air, atau bahan makanan. Penyakit yang dapat timbul pada manusia adalah demam tifoid (Juariah, 2020).

Ketiga bakteri yaitu *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus* dan *Salmonella Typhimurium* memiliki kesamaan seperti halnya dapat menyebabkan penyakit pencernaan

pada manusia. Meskipun masing-masing memiliki mekanisme patogenisitas yang berbeda, mereka memiliki beberapa persamaan utama dalam hal peran mereka sebagai penyebab gangguan pencernaan seperti halnya penyakit diare, mual dan muntah, kram perut serta dehidrasi.

Tanaman obat merupakan sumber daya bernilai ekonomi tinggi karena mengandung senyawa aktif farmakologis yang mampu menghasilkan senyawa kimia alami bersifat toksik terhadap bakteri. Penggunaan obat tradisional dari tumbuhan atau bahan alami dinilai lebih aman serta memiliki efek samping yang lebih rendah dibandingkan obat kimia sintetis (Andry, 2022). Berdasarkan kandungan dan manfaat kulit buah pepaya yang telah dijelaskan, serta fakta bahwa limbah kulit pepaya yang sering dibuang ternyata mengandung nilai gizi yang berguna bagi manusia dan makhluk hidup lainnya, peneliti terdorong untuk melakukan penelitian berjudul “Uji aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium* berdasarkan diameter zona hambat pertumbuhan bakteri.”

Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya terhadap ketiga jenis bakteri tersebut dengan menganalisis kandungan fitokimia, zona hambat yang dihasilkan pada masing-masing bakteri, serta menentukan konsentrasi ekstrak yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan dan memperkaya kajian pustaka mengenai aktivitas antibakteri kulit buah pepaya. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam uji klinis atau eksplorasi tanaman lain yang berpotensi serupa, meningkatkan kesadaran masyarakat akan manfaat kulit buah pepaya, serta menambah pengalaman dan wawasan peneliti dalam melakukan penelitian eksperimental terkait potensi antibakteri bahan alami.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan ilmiah kuantitatif untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya terhadap diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium*. Pendekatan kuantitatif memungkinkan pengukuran yang objektif dan sistematis sehingga data yang diperoleh valid dan dapat diandalkan. Penelitian ini termasuk dalam jenis eksperimen dengan desain Post Test Only Control Group Design yang bertujuan mengetahui pengaruh perlakuan terhadap objek penelitian. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Sumatera Utara (USU) sejak tahap penyusunan proposal hingga seminar hasil dengan rentang waktu antara Desember 2024 sampai Februari 2025. Populasi penelitian ini adalah kulit buah pepaya yang berasal dari Kota Medan, sedangkan sampelnya diambil dari kulit buah pepaya yang dibeli di pasar-pasar di wilayah tersebut. Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas yaitu ekstrak kulit buah pepaya dengan konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% serta kontrol positif menggunakan Kotrimoxazol dan kontrol negatif menggunakan aquadest; variabel terikat berupa zona hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium* yang diukur menggunakan jangka sorong berdasarkan kategori kekuatan hambatan. Analisis data dilakukan menggunakan program SPSS versi 25 dengan uji normalitas dan homogenitas

(Levene Test), kemudian dilanjutkan dengan uji One Way ANOVA apabila data normal dan homogen, atau uji Kruskal-Wallis jika data tidak normal, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Dari segi etika penelitian, peneliti wajib memperoleh surat ethical clearance dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Prima Indonesia (UNPRI) sebelum pelaksanaan penelitian dengan melalui proses pengajuan proposal, penjelasan kelayakan, hingga penerbitan surat izin resmi sebagai bukti penelitian telah memenuhi standar etika yang berlaku.

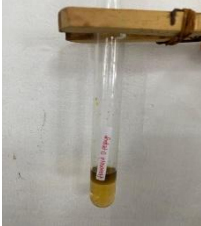



HASIL DAN PEMBAHASAN

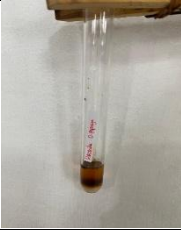

Hasil Penelitian

Hasil Uji Skrining Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder yang ada di ekstrak kulit buah pepaya. Identifikasi fitokimia ini meliputi golongan alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid/steroid. Hasil uji fitokimia memberikan gambaran mengenai senyawa aktif yang berperan dalam aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya.

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia

Metabolit Sekunder	Gambar	Hasil
Flavonoid		+
Alkaloid		+
Tanin		-
Saponin		+

Metabolit Sekunder	Gambar	Hasil
Glikosida		+
Steroid/Terpenoid		+

Sumber : Data primer (2025)

Berdasarkan hasil uji fitokimia yang ditampilkan pada Tabel 3, ekstrak kulit buah pepaya diketahui mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak memberikan reaksi positif terhadap uji flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid, sementara pada uji tanin hasilnya negatif.

Kandungan flavonoid diketahui berperan sebagai antibakteri melalui mekanisme penghambatan sintesis asam nukleat, kerusakan membran sel, dan aktivitas antioksidan. Alkaloid dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara mengganggu komponen penyusun dinding sel serta proses sintesis protein. Saponin bekerja dengan menurunkan tegangan permukaan dan merusak integritas membran sel bakteri. Glikosida mampu memengaruhi metabolisme bakteri sehingga pertumbuhannya terhambat. Sedangkan steroid/terpenoid diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme perusakan membran sel dan penghambatan pembentukan biofilm.

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Escherichia Coli*

1) Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Sebelum dilakukan uji statistik untuk menganalisis zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak kulit buah pepaya terhadap *Escherichia coli*, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas dengan Levene Test, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas Bakteri *Escherichia Coli*

Kelompok	Normalitas	Homogenitas
Kontrol Negatif	0	
Kontrol Positif	0,750	
Ekstrak Konsentrasi 20%	0,130	
Ekstrak Konsentrasi 40%	0,220	0,088
Ekstrak Konsentrasi 60%	0,750	
Ekstrak Konsentrasi 80%	0,577	
Ekstrak Konsentrasi 100%	0,683	

Sumber: Data primer (2025)

Uji normalitas dilakukan untuk memastikan bahwa data diameter zona hambat pada masing-masing kelompok perlakuan terdistribusi normal. Dari hasil uji normalitas pada tabel 4, seluruh kelompok menunjukkan nilai signifikansi $> 0,05$, yaitu kontrol positif (0,750), ekstrak konsentrasi 20% (0,130), konsentrasi 40% (0,220), konsentrasi 60% (0,750), konsentrasi 80% (0,577), dan konsentrasi 100% (0,683). Hal ini menunjukkan bahwa data pada setiap kelompok perlakuan berdistribusi normal.

Selanjutnya, hasil uji homogenitas varians terhadap seluruh kelompok perlakuan menghasilkan nilai signifikansi 0,088 ($p > 0,05$). Hal ini berarti data diameter zona hambat pada semua kelompok perlakuan adalah homogen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data diameter zona hambat ekstrak kulit pepaya terhadap *Escherichia coli* memenuhi asumsi uji parametrik, yaitu normalitas dan homogenitas, sehingga dapat dilanjutkan dengan uji ANOVA.

Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap

hasil rerata diameter zona hambat yang terbentuk sebagai indikator aktivitas antijamur dari kombinasi ekstrak kulit buah pepaya terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia Coli*.

Tabel 3. Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Escherichia Coli*

Kelompok	Min	Max	Mean
Kontrol Negatif	0	0	0
Kontrol Positif	14,90	15,20	15,03
Ekstrak Konsentrasi 20%	11,20	11,30	11,26
Ekstrak Konsentrasi 40%	11,85	11,90	11,88
Ekstrak Konsentrasi 60%	12,60	12,90	12,76
Ekstrak Konsentrasi 80%	13,40	13,90	13,70
Ekstrak Konsentrasi 100%	14,60	14,80	14,70

Sumber: Data primer (2025)

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata diameter zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak kulit buah pepaya terhadap *Escherichia coli* meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak. Pada kontrol negatif tidak terbentuk zona hambat (0 mm), sedangkan kontrol positif menunjukkan zona hambat terbesar dengan rata-rata 15,03 mm.

Pada perlakuan dengan ekstrak, konsentrasi 20% menghasilkan rata-rata diameter zona hambat 11,26 mm, konsentrasi 40% sebesar 11,88 mm, konsentrasi 60% mencapai 12,76 mm, konsentrasi 80% sebesar 13,70 mm, dan konsentrasi 100% menghasilkan 14,70 mm. Nilai minimum dan maksimum pada masing-masing kelompok perlakuan menunjukkan konsistensi antarulang, dengan rentang perbedaan yang relatif kecil.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* yang bersifat tergantung konsentrasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk.

Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri Escherichia Coli

Tabel 4. Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri Escherichia Coli

Kelompok	Signifikansi
Ekstrak Konsentrasi 20%	
Ekstrak Konsentrasi 40%	
Ekstrak Konsentrasi 60%	0,000*
Ekstrak Konsentrasi 80%	
Ekstrak Konsentrasi 100%	

Sumber : Data Primer Diolah (2025)

Keterangan: *Signifikan (P-Value < 0,05)

Berdasarkan Tabel 6, uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada diameter zona hambat di antara kelompok perlakuan ekstrak kulit buah pepaya dengan berbagai konsentrasi terhadap *Escherichia coli*. Nilai signifikansi (p) sebesar 0,000 ($p < 0,05$) menandakan bahwa variasi konsentrasi ekstrak berpengaruh signifikan terhadap ukuran zona hambat.

2) Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri Escherichia Coli

Berikut ini hasil uji lanjutan dengan menggunakan Tukey HSD (Honestly Significant Difference) yang dilakukan setelah uji ANOVA, dengan tujuan untuk mengetahui secara spesifik kelompok konsentrasi mana yang memiliki perbedaan signifikan dalam daya hambat terhadap pertumbuhan *Escherichia coli*.

Tabel 5. Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri Escherichia Coli

Kelompok	Subset for alpha = 0,05						
	1	2	3	4	5	6	7
Kontrol Negatif	0,0000						
Ekstrak Konsentrasi 20%		11,2675					
Ekstrak Konsentrasi 40%			11,8825				
Ekstrak Konsentrasi 60%				12,7675			
Ekstrak Konsentrasi 80%					13,7000		
Ekstrak Konsentrasi 100%						14,7000	
Kontrol Positif							15,0325
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Sumber : Data Primer Diolah (2025)

Berdasarkan uji lanjut Tukey HSD pada Tabel 7, zona hambat *Escherichia coli* meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi ekstrak kulit buah pepaya. Konsentrasi 20% menghasilkan zona hambat 11,26 mm, 40% sebesar 11,88 mm, 60% 12,76 mm, 80% 13,70 mm, dan 100% mencapai 14,70 mm. Konsentrasi 100% terbukti paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *E. coli*, mendekati kontrol positif (antibiotik) yang memiliki zona hambat 15,03 mm. Hal ini menegaskan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak kulit pepaya bersifat konsentrasi-dependent, dengan efektivitas tertinggi pada konsentrasi 100%.

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

1) Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Sebelum dilakukan uji statistik untuk menganalisis zona hambat yang dihasilkan ekstrak kulit buah pepaya terhadap *Staphylococcus aureus*, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas Levene. Hasil lengkap kedua uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Kelompok	Normalitas	Homogenitas
Kontrol Negatif	0	
Kontrol Positif	0,683	
Ekstrak Konsentrasi 20%	0,775	
Ekstrak Konsentrasi 40%	0,167	0,468
Ekstrak Konsentrasi 60%	0,774	
Ekstrak Konsentrasi 80%	0,750	
Ekstrak Konsentrasi 100%	0,750	

Sumber : Data primer (2025)

Berdasarkan uji normalitas, seluruh kelompok perlakuan terhadap *Staphylococcus aureus* menunjukkan nilai signifikansi $> 0,05$, yaitu kontrol positif (0,683), ekstrak 20% (0,775), 40% (0,167), 60% (0,774), 80% (0,750), dan 100% (0,750), yang menandakan data terdistribusi normal. Uji homogenitas memberikan nilai signifikansi 0,468 ($p > 0,05$), menunjukkan data antar kelompok bersifat homogen. Dengan terpenuhinya syarat normalitas dan homogenitas, analisis varian (ANOVA) dapat digunakan untuk menguji perbedaan zona hambat yang dihasilkan ekstrak kulit buah pepaya terhadap *Staphylococcus aureus*.

2) Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Berikut ini hasil rerata diameter zona hambat yang terbentuk sebagai indikator aktivitas antijamur dari kombinasi ekstrak kulit buah pepaya terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Tabel 7. Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Kelompok	Min	Max	Mean
Kontrol Negatif	0	0	0
Kontrol Positif	9,00	9,50	9,25
Ekstrak Konsentrasi 20%	10,20	10,70	10,43
Ekstrak Konsentrasi 40%	11,30	11,80	11,63
Ekstrak Konsentrasi 60%	12,00	12,40	12,21
Ekstrak Konsentrasi 80%	12,60	12,90	12,76
Ekstrak Konsentrasi 100%	13,60	13,90	13,76

Sumber : Data primer (2025)

Berdasarkan Tabel 9, ekstrak kulit buah pepaya menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat yang meningkat seiring konsentrasi. Kontrol negatif tidak membentuk zona hambat (0 mm), sedangkan kontrol positif menghasilkan rata-rata 9,25 mm. Ekstrak 20% menghasilkan zona hambat 10,43 mm, 40%

sebesar 11,63 mm, 60% 12,21 mm, 80% 12,76 mm, dan 100% 13,76 mm, menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya bersifat konsentrasi-dependent.

Zona hambat yang dihasilkan pada konsentrasi 20% hingga 100% justru lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol positif (9,25 mm), yang mengindikasikan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki efektivitas antibakteri yang cukup baik terhadap *Staphylococcus aureus*. Konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat terbesar yaitu 13,76 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ini merupakan yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Tabel 10. Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Kelompok	Signifikansi
Ekstrak Konsentrasi 20%	0,000*
Ekstrak Konsentrasi 40%	
Ekstrak Konsentrasi 60%	
Ekstrak Konsentrasi 80%	
Ekstrak Konsentrasi 100%	

Sumber : Data Primer Diolah (2025)

Keterangan: *Signifikan (P-Value < 0,05)

Berdasarkan Tabel 10, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa semua kelompok ekstrak kulit buah pepaya pada konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% memiliki nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan bermakna antara konsentrasi ekstrak dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak kulit buah pepaya berpengaruh signifikan terhadap diameter zona hambat yang terbentuk. Konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat terbesar (13,76 mm) dan berbeda nyata dibandingkan konsentrasi lain, sehingga dapat dianggap sebagai konsentrasi paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Berikut ini hasil uji lanjutan dengan menggunakan Tukey HSD (Honestly Significant Difference) yang dilakukan setelah uji ANOVA, dengan tujuan untuk mengetahui secara spesifik kelompok konsentrasi mana yang memiliki perbedaan signifikan dalam daya hambat terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Tabel 11. Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Kelompok	Subset for alpha = 0,05						
	1	2	3	4	5	6	7
Kontrol Negatif	0,0000						
Kontrol Positif		9,2500					
Ekstrak Konsentrasi 20%			10,4325				

Kelompok	Subset for alpha = 0,05						
	1	2	3	4	5	6	7
Ekstrak Konsentrasi 40%	11,6325						
Ekstrak Konsentrasi 60%	12,2175						
Ekstrak Konsentrasi 80%	12,7675						
Ekstrak Konsentrasi 100%	13,7675						
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Berdasarkan uji lanjut Tukey HSD, terlihat perbedaan efektivitas ekstrak kulit buah pepaya dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada tiap konsentrasi. Kontrol negatif tidak menunjukkan zona hambat (0,00 mm), sedangkan kontrol positif menghasilkan zona hambat sebesar 9,25 mm. Ekstrak konsentrasi 20% menghasilkan zona hambat 10,43 mm, 40% sebesar 11,63 mm, 60% sebesar 12,21 mm, 80% sebesar 12,77 mm, dan 100% sebesar 13,77 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa diameter zona hambat meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak.

Hasil ini menegaskan bahwa konsentrasi 100% merupakan konsentrasi paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, bahkan lebih tinggi dari pada kontrol positif (9,25 mm). Dengan demikian, ekstrak kulit buah pepaya terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang konsentrasi-dependent, dan pada konsentrasi tinggi efektivitasnya sangat potensial untuk dikembangkan sebagai alternatif antibakteri.

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

1) Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Sebelum dilaksanakan uji statistik untuk mengetahui zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak kulit buah pepaya terhadap bakteri *Salmonella typhimurium*, dilakukan uji normalitas Shapiro-Wilk juga homogenitas Levene Test yang selengkapnya bisa dilihat di tabel 12 berikut.

Tabel 12. Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Kelompok	Normalitas	Homogenitas
Kontrol Negatif	0	
Kontrol Positif	0,405	
Ekstrak Konsentrasi 20%	0,456	
Ekstrak Konsentrasi 40%	0,750	0,219
Ekstrak Konsentrasi 60%	0,700	
Ekstrak Konsentrasi 80%	0,700	
Ekstrak Konsentrasi 100%	0,804	

Sumber : Data primer (2025)

Hasil uji normalitas pada data zona hambat *Salmonella typhimurium* menunjukkan bahwa seluruh kelompok perlakuan memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, yaitu kontrol positif (0,405), konsentrasi 20% (0,456), konsentrasi 40% (0,750), konsentrasi 60% (0,700), konsentrasi 80% (0,700), dan konsentrasi 100% (0,804). Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi data pada tiap kelompok berada dalam kondisi normal.

Sementara itu, hasil uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,219 ($p > 0,05$). Temuan ini memperlihatkan bahwa varians antar kelompok perlakuan bersifat seragam, sehingga data dapat dianggap homogen. Dengan terpenuhinya kedua asumsi tersebut, maka

penggunaan uji ANOVA untuk menganalisis perbedaan efek antar konsentrasi ekstrak kulit buah pepaya terhadap pertumbuhan *Salmonella typhimurium* bisa dilakukan.

2) Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Berikut ini hasil rerata diameter zona hambat yang terbentuk sebagai indikator aktivitas antijamur dari kombinasi ekstrak kulit buah pepaya terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella typhimurium*.

Tabel 13. Hasil Rata-Rata Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Kelompok	Min	Max	Mean
Kontrol Negatif	0	0	0
Kontrol Positif	8,50	8,90	8,75
Ekstrak Konsentrasi 20%	9,20	9,90	9,46
Ekstrak Konsentrasi 40%	10,20	10,50	10,36
Ekstrak Konsentrasi 60%	10,60	11,00	10,83
Ekstrak Konsentrasi 80%	11,10	11,50	11,26
Ekstrak Konsentrasi 100%	11,49	11,80	11,66

Sumber : Data primer (2025)

Hasil pengukuran diameter zona hambat menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella typhimurium* dengan intensitas yang meningkat sesuai konsentrasi. Kontrol negatif tidak menunjukkan zona hambat (0 mm), sedangkan kontrol positif menghasilkan rata-rata zona hambat 8,75 mm. Pada perlakuan ekstrak, konsentrasi 20% menghasilkan zona hambat 9,46 mm, 40% sebesar 10,36 mm, 60% sebesar 10,83 mm, 80% sebesar 11,26 mm, dan 100% sebesar 11,66 mm, memperlihatkan peningkatan daya hambat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak.

Menariknya, semua konsentrasi uji (20%–100%) menghasilkan zona hambat yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol positif, menandakan potensi antibakteri kulit buah pepaya yang cukup kuat terhadap *Salmonella typhimurium*. Dari hasil tersebut, konsentrasi 100% menunjukkan aktivitas paling optimal dengan zona hambat rata-rata 11,66 mm, sehingga dapat dikatakan sebagai konsentrasi yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri ini.

3. Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Tabel 14. Hasil Uji ANOVA Perbandingan Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Kelompok	Signifikansi
Ekstrak Konsentrasi 20%	
Ekstrak Konsentrasi 40%	
Ekstrak Konsentrasi 60%	0,000*
Ekstrak Konsentrasi 80%	
Ekstrak Konsentrasi 100%	

Sumber : Data Primer Diolah (2025)

Keterangan: *Signifikan (P-Value < 0,05)

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada Tabel 14, diperoleh nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), yang menegaskan adanya perbedaan bermakna antara seluruh konsentrasi ekstrak kulit buah pepaya dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhimurium*.

4. Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Berikut ini hasil uji lanjutan dengan menggunakan Tukey HSD (Honestly Significant Difference) yang dilakukan setelah uji ANOVA, dengan tujuan untuk mengetahui secara spesifik kelompok konsentrasi mana yang memiliki perbedaan signifikan dalam daya hambat terhadap pertumbuhan *Salmonella typhimurium*.

Tabel 15. Perbandingan Efektivitas Aktivitas Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Kelompok	Subset for alpha = 0,05					
	1	2	3	4	5	6
Kontrol Negatif	0,0000					
Kontrol Positif		8,7500				
Ekstrak Konsentrasi 20%			9,4675			
Ekstrak Konsentrasi 40%				10,3675		
Ekstrak Konsentrasi 60%					10,8325	
Ekstrak Konsentrasi 80%						11,2675
Ekstrak Konsentrasi 100%						11,6625
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,059

Sumber: Data Primer Diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 15, terlihat bahwa zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak kulit buah pepaya terhadap *Salmonella typhimurium* menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Kontrol negatif tidak menghasilkan zona hambat (0,0000), sedangkan kontrol positif menghasilkan zona hambat sebesar 8,75 mm. Ekstrak dengan konsentrasi 20% memberikan zona hambat 9,4675 mm, lebih tinggi dibanding kontrol positif, menunjukkan adanya potensi antibakteri sejak konsentrasi terendah yang digunakan.

Selanjutnya, konsentrasi 40% menghasilkan zona hambat sebesar 10,3675 mm, konsentrasi 60% sebesar 10,8325 mm, konsentrasi 80% sebesar 11,2675 mm, dan konsentrasi tertinggi yaitu 100% menghasilkan zona hambat terbesar, yaitu 11,6625 mm. Hal ini memperlihatkan adanya hubungan yang searah antara peningkatan konsentrasi ekstrak dengan efektivitas antibakterinya.

Nilai signifikansi (Sig.) pada subset menunjukkan bahwa setiap kelompok konsentrasi ekstrak memiliki perbedaan nyata dengan kontrol negatif dan kontrol positif ($p < 0,05$), sementara perbedaan antar konsentrasi ekstrak terlihat semakin jelas pada konsentrasi di atas 40%. Dengan demikian, konsentrasi 100% terbukti memberikan efek antibakteri paling optimal terhadap *Salmonella typhimurium*, meskipun konsentrasi 80% dan 60% juga sudah menunjukkan efektivitas yang cukup tinggi.

Perbandingan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Ketiga Bakteri: *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, dan *Salmonella Typhimurium*

Untuk mengetahui sejauh mana efektivitas ekstrak kulit buah pepaya sebagai antibakteri, dilakukan analisis perbandingan terhadap tiga jenis bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium*. Ketiga bakteri ini dipilih karena merupakan patogen penting penyebab infeksi pada manusia, baik pada saluran pencernaan maupun infeksi sistemik.

Perbandingan ini bertujuan untuk melihat variasi sensitivitas masing-masing bakteri terhadap ekstrak kulit buah pepaya pada berbagai konsentrasi yang digunakan. Hasil perbandingan aktivitas antibakteri disajikan dalam bentuk rata-rata zona hambat (mm) pada setiap konsentrasi ekstrak, serta dibandingkan dengan kontrol negatif dan kontrol positif.

Tabel 16. Perbandingan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Ketiga Bakteri: *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, dan *Salmonella Typhimurium*

Kelompok	<i>Escherichia Coli</i> (mm)	<i>Staphylococcus Aureus</i> (mm)	<i>Salmonella Typhimurium</i> (mm)
Kontrol Negatif	0	0	0
Kontrol Positif	15,03	9,25	8,75
Ekstrak Konsentrasi 20%	11,26	10,43	9,46
Ekstrak Konsentrasi 40%	11,88	11,63	10,36
Ekstrak Konsentrasi 60%	12,76	12,21	10,83
Ekstrak Konsentrasi 80%	13,70	12,76	11,26
Ekstrak Konsentrasi 100%	14,70	13,76	11,66

Sumber : Data primer (2025)

Berdasarkan hasil pada Tabel 16, terlihat bahwa ekstrak kulit buah pepaya mampu memberikan efek antibakteri terhadap ketiga bakteri uji dengan pola peningkatan zona hambat seiring bertambahnya konsentrasi.

Bakteri *Escherichia coli* menunjukkan zona hambat paling besar dibandingkan dengan dua bakteri lainnya. Pada konsentrasi 100%, rata-rata zona hambat mencapai 14,70 mm, mendekati kontrol positif (15,03 mm). Hal ini menunjukkan bahwa *E. coli* lebih sensitif terhadap ekstrak kulit buah pepaya dibandingkan *S. aureus* dan *S. typhimurium*.

Bakteri *Staphylococcus aureus* juga menunjukkan respon yang baik terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak. Zona hambat tertinggi tercatat 13,76 mm pada konsentrasi 100%, yang meskipun lebih rendah dibandingkan *E. coli*, tetap lebih tinggi daripada respon yang ditunjukkan oleh *S. typhimurium*.

Bakteri *Salmonella typhimurium* menunjukkan zona hambat paling rendah di antara ketiganya, yaitu 11,66 mm pada konsentrasi 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri Gram negatif seperti *S. typhimurium* cenderung lebih resisten terhadap kandungan antibakteri pada ekstrak kulit pepaya dibandingkan dengan *E. coli* maupun *S. aureus*.

Secara umum, ketiga bakteri memperlihatkan tren peningkatan zona hambat seiring peningkatan konsentrasi ekstrak, sehingga dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki potensi antibakteri yang efektif. Namun, efektivitasnya berbeda-beda tergantung pada jenis bakteri

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Escherichia Coli*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya mampu memberikan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli*, yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada setiap konsentrasi yang diuji. Zona hambat yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak, di mana pada konsentrasi 20% sudah terlihat adanya hambatan, dan pada konsentrasi 100% zona hambat mencapai 14,70 mm. Hal ini menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan konsentrasi ekstrak dengan

kekuatan aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Fakta tersebut membuktikan bahwa kandungan senyawa bioaktif dalam kulit pepaya berperan aktif dalam menghambat pertumbuhan *E. coli*.

Secara fitokimia, kulit buah pepaya diketahui mengandung flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki mekanisme yang bervariasi dalam menekan pertumbuhan bakteri. Flavonoid misalnya, diketahui mampu merusak integritas membran sel *E. coli* dengan meningkatkan permeabilitas membran, sehingga terjadi kebocoran isi sel dan akhirnya sel bakteri mengalami kematian. Alkaloid berperan dalam mengganggu sintesis DNA bakteri, sehingga replikasi dan proses metabolisme sel terhambat. Saponin bekerja sebagai surfaktan alami yang dapat menurunkan tegangan permukaan membran sel bakteri, sehingga menyebabkan lisis. Terpenoid dan steroid bersifat lipofilik sehingga dapat melarutkan komponen lipid pada membran luar *E. coli*, memudahkan masuknya senyawa aktif lain ke dalam sel, dan meningkatkan efektivitas daya hambat. Mekanisme yang saling melengkapi ini memperlihatkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak kulit pepaya terhadap *E. coli* merupakan hasil kerja sinergis dari berbagai metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya.

Terbentuknya zona hambat yang cukup besar terhadap *E. coli* juga mengindikasikan bahwa senyawa aktif dalam ekstrak kulit pepaya dapat berdifusi dengan baik ke dalam media agar. Difusi yang optimal memungkinkan senyawa bioaktif menjangkau area pertumbuhan bakteri di sekitar titik aplikasi ekstrak, sehingga pertumbuhan bakteri dapat ditekan secara lebih luas. Hal ini sekaligus membuktikan bahwa komponen aktif dalam ekstrak kulit pepaya memiliki sifat kelarutan dan kestabilan yang baik dalam medium pengujian.

Dari hasil yang diperoleh, konsentrasi 100% merupakan konsentrasi terbaik dalam menghasilkan zona hambat paling tinggi terhadap *Escherichia coli*. Besarnya diameter zona hambat ini dapat dikategorikan sebagai daya hambat kuat, yang menunjukkan bahwa ekstrak kulit pepaya tidak hanya berfungsi sebagai penghambat pertumbuhan tetapi juga berpotensi membunuh bakteri. Temuan ini penting karena *Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri patogen yang sering menjadi penyebab infeksi pada saluran pencernaan manusia, seperti diare, gastroenteritis, dan infeksi saluran kemih. Adanya aktivitas antibakteri yang kuat dari kulit pepaya membuka peluang pemanfaatannya sebagai alternatif pengobatan berbasis bahan alami.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa ekstrak kulit buah pepaya berpotensi besar sebagai sumber antibakteri alami terhadap *Escherichia coli*. Kandungan metabolit sekunder yang kompleks dan bekerja secara sinergis terbukti mampu menekan pertumbuhan bakteri ini secara signifikan. Dengan demikian, kulit buah pepaya yang selama ini sering dianggap sebagai limbah, sebenarnya memiliki nilai tambah dalam bidang kesehatan, khususnya dalam upaya penanggulangan infeksi yang disebabkan oleh *Escherichia coli*.

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki aktivitas antibakteri yang nyata terhadap *Staphylococcus aureus*. Zona hambat yang dihasilkan terlihat pada semua konsentrasi yang diuji, dan nilainya cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Pada konsentrasi 20% zona hambat yang terbentuk sudah

mencapai 10,43 mm, sementara pada konsentrasi tertinggi yaitu 100% zona hambat mencapai 13,76 mm. Pola ini menggambarkan adanya hubungan dosis-respons, di mana semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan, semakin besar pula kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Hasil ini membuktikan bahwa kulit buah pepaya mengandung senyawa bioaktif yang mampu menekan pertumbuhan bakteri Gram positif tersebut.

Komposisi fitokimia yang terdapat dalam kulit pepaya seperti flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid diduga menjadi faktor utama yang mendukung aktivitas antibakteri ini. Pada *Staphylococcus aureus*, flavonoid berperan penting dalam mengganggu fungsi dinding sel bakteri yang tebal dan kaya akan peptidoglikan. Flavonoid dapat menghambat enzim transpeptidase yang berperan dalam pembentukan ikatan silang peptidoglikan, sehingga dinding sel menjadi lemah dan mudah mengalami kerusakan. Alkaloid bekerja dengan menginterferensi sintesis DNA dan protein, sehingga pertumbuhan sel bakteri terhambat. Saponin bersifat sebagai surfaktan alami yang dapat menurunkan tegangan permukaan membran, menyebabkan kebocoran isi sel dan akhirnya lisis. Terpenoid dan steroid dengan sifat lipofiliknya memudahkan penetrasi ke dalam membran sel bakteri, sehingga meningkatkan efek antibakteri ekstrak secara keseluruhan.

Temuan bahwa ekstrak kulit pepaya mampu memberikan zona hambat yang cukup besar terhadap *S. aureus* sangat penting, mengingat bakteri ini merupakan patogen oportunistik yang sering menyebabkan berbagai infeksi pada manusia, mulai dari infeksi kulit, abses, pneumonia, hingga sepsis. Dalam konteks klinis, resistensi *Staphylococcus aureus* terhadap antibiotik, terutama munculnya Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), menjadi tantangan besar di dunia kesehatan. Oleh karena itu, keberadaan sumber antibakteri alami dari kulit pepaya yang terbukti efektif dalam menekan pertumbuhan *S. aureus* dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif atau terapi pendukung dalam pengendalian infeksi bakteri ini.

Zona hambat dengan diameter lebih dari 10 mm yang dihasilkan pada berbagai konsentrasi ekstrak menunjukkan bahwa kulit pepaya memiliki daya hambat yang dapat dikategorikan sedang hingga kuat terhadap *S. aureus*. Hasil ini memperlihatkan potensi nyata kulit pepaya sebagai kandidat bahan antibakteri alami yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut. Selain itu, meningkatnya zona hambat pada konsentrasi tinggi menandakan bahwa senyawa aktif dalam kulit pepaya memiliki aktivitas yang stabil dan tidak mengalami degradasi signifikan dalam proses ekstraksi maupun pengujian.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki efektivitas tinggi dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Mekanisme kerja senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya mampu menargetkan struktur dinding sel, membran plasma, hingga proses sintesis biomolekul penting dalam sel bakteri. Potensi ini dapat dimanfaatkan dalam pengembangan produk berbasis bahan alami, misalnya sebagai bahan aktif dalam antiseptik, sediaan topikal, maupun suplemen kesehatan yang ditujukan untuk mencegah infeksi *Staphylococcus aureus*.

Zona Hambat Yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Bakteri *Salmonella Typhimurium*

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhimurium*, yang ditunjukkan oleh terbentuknya zona hambat pada berbagai konsentrasi ekstrak. Zona hambat terkecil terlihat pada konsentrasi 20% dengan diameter rata-rata 9,46 mm, sedangkan pada konsentrasi tertinggi yaitu 100% zona hambat meningkat hingga 11,66 mm. Peningkatan diameter zona hambat yang sejalan dengan peningkatan konsentrasi ekstrak menunjukkan adanya hubungan dosis-respons yang konsisten. Meskipun nilai zona hambat terhadap *S. typhimurium* relatif lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian pada bakteri lain, temuan ini tetap menegaskan bahwa kulit pepaya memiliki potensi sebagai antibakteri alami terhadap bakteri Gram negatif ini.

Aktivitas antibakteri terhadap *S. typhimurium* sangat dipengaruhi oleh kandungan fitokimia pada kulit pepaya, antara lain flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid. Senyawa-senyawa tersebut bekerja melalui berbagai mekanisme. Flavonoid berfungsi mengganggu permeabilitas membran sel bakteri, mengakibatkan kebocoran komponen intraseluler. Alkaloid dapat menghambat sintesis DNA dan protein sehingga mengganggu proses vital dalam pertumbuhan sel. Saponin, dengan sifat surfaktannya, mampu melisiskan membran sel melalui peningkatan permeabilitas. Terpenoid dan steroid, karena sifat lipofiliknya, dengan mudah berinteraksi dengan membran sel, sehingga menambah kerusakan struktur membran dan menekan viabilitas bakteri.

Namun, diameter zona hambat yang relatif lebih kecil pada *S. typhimurium* bila dibandingkan dengan bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa dinding sel Gram negatif memberikan tantangan tambahan terhadap penetrasi senyawa bioaktif. *S. typhimurium* memiliki struktur dinding sel yang kompleks, terdiri dari lapisan peptidoglikan tipis yang dilindungi oleh membran luar yang kaya lipopolisakarida (LPS). Lapisan LPS ini bersifat sebagai penghalang alami terhadap banyak senyawa antibakteri, termasuk komponen bioaktif dari ekstrak tumbuhan, sehingga mengurangi efektivitas ekstrak dalam menghasilkan zona hambat yang besar.

Walaupun demikian, zona hambat di atas 9 mm pada semua konsentrasi tetap menunjukkan adanya daya hambat yang berarti. Hal ini penting mengingat *Salmonella typhimurium* merupakan salah satu agen penyebab penyakit salmonellosis yang sering ditemukan pada kasus keracunan makanan. Resistensi *Salmonella* terhadap antibiotik sintetis juga semakin meningkat, sehingga upaya menemukan alternatif antibakteri dari bahan alami seperti kulit pepaya menjadi sangat relevan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai pencegah kontaminasi bakteri patogen pada produk pangan.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa ekstrak kulit buah pepaya mampu memberikan efek antibakteri terhadap *Salmonella typhimurium* dengan peningkatan zona hambat seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak. Meskipun daya hambatnya tidak sebesar pada bakteri lain, hasil ini tetap menegaskan adanya potensi kulit pepaya sebagai antibakteri alami. Konsentrasi 100% terbukti menjadi konsentrasi terbaik dengan daya hambat paling tinggi, dan dapat dijadikan dasar untuk pengembangan penelitian lanjutan yang lebih mendalam, termasuk isolasi senyawa aktif dominan yang paling berperan terhadap penghambatan *Salmonella typhimurium*.

Perbandingan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Pepaya Terhadap Ketiga Bakteri: *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, dan *Salmonella Typhimurium*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki aktivitas antibakteri terhadap ketiga jenis bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium*. Dari data yang diperoleh terlihat adanya perbedaan diameter zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak dengan berbagai konsentrasi. Pada bakteri *Escherichia coli*, zona hambat meningkat secara konsisten seiring dengan peningkatan konsentrasi, dengan rata-rata terendah pada konsentrasi 20% (11,26 mm) dan tertinggi pada konsentrasi 100% (14,70 mm). Pola yang sama juga terlihat pada bakteri *Staphylococcus aureus*, di mana zona hambat meningkat dari 10,43 mm (20%) hingga 13,76 mm (100%). Sementara itu, pada bakteri *Salmonella typhimurium* aktivitas antibakteri juga terlihat, meskipun diameter zona hambat yang dihasilkan relatif lebih kecil dibandingkan dengan kedua bakteri lainnya, yaitu mulai dari 9,46 mm (20%) hingga 11,66 mm (100%).

Jika dibandingkan antar bakteri, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya menunjukkan efektivitas paling tinggi terhadap *Escherichia coli*, diikuti oleh *Staphylococcus aureus*, dan paling rendah terhadap *Salmonella typhimurium*. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa bioaktif dalam kulit buah pepaya seperti flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, dan terpenoid bekerja lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif *E. coli* dibandingkan dengan *S. aureus* (Gram positif) dan *S. typhimurium* (Gram negatif). Perbedaan sensitivitas ini kemungkinan dipengaruhi oleh struktur dinding sel bakteri. Dinding sel *E. coli* lebih rentan terhadap penetrasi senyawa antibakteri tertentu, sementara *S. typhimurium* memiliki mekanisme pertahanan yang lebih kuat, sehingga membutuhkan konsentrasi senyawa antibakteri yang lebih tinggi untuk menghasilkan efek yang sama.

Menariknya, jika dibandingkan dengan kontrol positif, aktivitas ekstrak kulit buah pepaya pada konsentrasi tinggi (80%–100%) terhadap *E. coli* menunjukkan zona hambat yang hampir mendekati kontrol positif (14,70 mm vs. 15,03 mm). Namun, pada *S. aureus* dan *S. typhimurium*, meskipun terdapat peningkatan zona hambat, hasilnya masih lebih rendah dibandingkan kontrol positif. Hal ini dapat diartikan bahwa efektivitas antibakteri ekstrak kulit pepaya lebih potensial terhadap *E. coli* dan masih perlu optimasi dosis atau pengembangan metode ekstraksi agar aktivitasnya terhadap *S. aureus* dan *S. typhimurium* dapat lebih maksimal.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa ekstrak kulit buah pepaya memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami, khususnya terhadap bakteri *Escherichia coli*. Perbandingan yang dilakukan pada ketiga bakteri membuktikan bahwa aktivitas antibakteri dari ekstrak ini bersifat selektif, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor biokimiawi dari masing-masing bakteri serta kandungan metabolit sekunder pada ekstrak. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa perbedaan respon bakteri terhadap senyawa antibakteri alami erat kaitannya dengan perbedaan struktur dinding sel, mekanisme pertahanan, dan kemampuan adaptasi bakteri terhadap senyawa fitokimia.

KESIMPULAN

Penelitian berjudul “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Pepaya terhadap Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhimurium*” menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah pepaya mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, glikosida, serta steroid/terpenoid yang berperan penting dalam aktivitas antibakteri. Hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak kulit pepaya mampu menghambat pertumbuhan ketiga bakteri tersebut dengan efektivitas tertinggi terhadap *Escherichia coli*, diikuti *Staphylococcus aureus*, dan terendah terhadap *Salmonella typhimurium*, dengan konsentrasi terbaik pada 100% yang menghasilkan zona hambat mendekati kontrol positif. Temuan ini menegaskan potensi kulit buah pepaya sebagai agen antibakteri alami yang dapat dimanfaatkan oleh instansi kesehatan untuk pengembangan terapi herbal, oleh lembaga pendidikan sebagai referensi ilmiah dalam bidang farmasi dan kesehatan, serta oleh masyarakat sebagai alternatif alami yang aman dan ramah lingkungan. Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk mengisolasi senyawa aktif, menguji toksisitas, serta memperluas pengujian terhadap berbagai jenis bakteri guna memastikan efektivitas dan keamanan ekstrak kulit pepaya sebagai antibakteri alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian Firlansyah, Andi Baso Kaswar, & Andi Akram Nur Risal. (2021). *Klasifikasi tingkat kematangan buah pepaya berdasarkan fitur warna menggunakan JST*. *Techno Xplore: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 6(2). <https://doi.org/10.36805/technoxplore.v6i2.1438>
- Andry, M., Faisal, H., & Apila, N. N. (2022). *Formulasi dan uji aktivitas antioksidan sediaan krim ekstrak etanol daun asam jawa (Tamarindus indica L.) dengan menggunakan metode DPPH*. *Jurnal Dunia Farmasi*, 6(2), 96–107.
- Andry, M., Shufyani, F., Nasution, M. A., Fadillah, M. F., Tambunan, I. J., & Rezaldi, F. (2020). *Phytochemical screening and analysis of caffeine content in Arabica ground coffee in Takengon City using spectrophotometry ultraviolet*. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 1(1), 1–10.
- Ariani, B., Isnaeni, D., & Nurhunaida, E. (2019). *Uji efektivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya (Carica papaya L.) terhadap Propionibacterium acnes*.
- Endra, P., & Andreana, D. (2022). *Determination of total flavonoid content of a peel ethyl acetate extract of Carica papaya L*. *Menara Journal of Health Science IAKMI Kabupaten Kudus*, 1(2). <http://jurnal.iakmikudus.org/index.php/mjhs>
- Farm, M. (2019). *Pemanfaatan buah pepaya sebagai antiaging*. *Jurnal Abdimas Medika Mengabdi*.
- Feni, R., Mardianti, S., Marwan, E., Yawahar, J., & Ningsih, F. (2022). *Pemanfaatan buah pepaya sebagai manisan di Desa Niur Kecamatan Sukaraja Kabupaten Seluma*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(5). <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.809>
- Firmansyah. (2023). *Formulasi dan uji mutu fisik sediaan krim body scrub ekstrak kulit pisang*. *PAPS Journals*, 2(1), 2830–7070.
- Firlansyah, A., Kaswar, A. B., & Nur Risal, A. A. (2021). *Klasifikasi tingkat kematangan buah pepaya berdasarkan fitur warna menggunakan jaringan syaraf tiruan*. *Techno Xplore: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 6(2).

- Helsaputra, A., Luhur Prasasti, A., & Septiawan, R. R. (2021). *Implementasi deep learning untuk prediksi tingkat kematangan dan bobot buah pepaya (Deep learning implementation for weight and ripeness prediction of papaya)*. *E-Proceeding of Engineering*, 8(6).
- Karisma, E. V. (2019). *Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun pepaya (Carica papaya L.) terhadap bakteri Escherichia coli dan Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasindo: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 14–18. <https://doi.org/10.46808/farmasindo.v3i2.20>
- Kartika, W. D., Lara, S. P., & Setyawati, T. (2021). *Antibacterial activity of ethanolic extract of Carica papaya (Carica papaya L.) seed: Narrative review*. *Journal of Current Pharmaceutical Sciences*, 4(2).
- Kurniawan, R. (2023). *Klasifikasi tingkat kematangan buah pepaya berdasarkan warna kulit menggunakan sensor warna TCS3200*. *Journal ICTEE*, 4(1). <https://doi.org/10.33365/jictee.v4i1.2692>
- Marbun, R. T., & Situmorang, N. B. (2020). *Aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah pepaya California (Carica papaya L.) terhadap bakteri Escherichia coli*. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*, 3(1), 130–134. <https://doi.org/10.36656/jpjh.v3i1.368>
- Permadani, G. D. A., Riadi, A. A., & Evanita, E. (2023). *Klasifikasi tingkat kematangan buah pepaya menggunakan metode decision tree*. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 6(2). <https://doi.org/10.32672/jnkti.v6i2.6016>
- Rizka Nurlaila, Masrullita, Meriatna, & Safriwardy, F. (2022). *Pemanfaatan buah pepaya menjadi abon nabati di Desa Paloh Lada Kecamatan Dewantara Kabupaten Aceh Utara*. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Abdi Putra*, 1(3). <https://doi.org/10.52005/abdiputra.v1i3.103>
- Yuliasuti, D., & Nova, T. (2021). *Pemanfaatan buah pepaya sebagai tabir surya alami di Desa Klapagada Kecamatan Maos*. *JPS: Jurnal ...*, 1(1).