

Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Karika (*Carica pubescens*) dan Minyak Atsiri Rimpang Bengle (*Zingiber cassumunar*) terhadap Bakteri Gram Positif Penyebab Infeksi Kulit

Fania Putri Luhurningtyas^{1*}, Prashinta Nita Damayanti², Anasthasia Puji Astuti³, Meytha Putri Prehandhini⁴, Syarifah Roihanah⁵

^{1,2,4,5}Program Studi Diploma Tiga Farmasi, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

³Program Studi Farmasi, Universitas Ngudi Waluyo, Indonesia

faniaputri@untidar.ac.id

ABSTRACT

Skin infections caused by Gram-positive bacteria such as *Staphylococcus aureus* and *Bacillus* remain a health problem, particularly due to increasing antibiotic resistance. Karika leaves (*Carica pubescens*) and bingle rhizome (*Zingiber cassumunar*) are known to contain bioactive compounds with potential antibacterial activity. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of the combination of karika leaf extract and bingle essential oil against *Bacillus* and *Staphylococcus aureus*. The study was conducted experimentally using the disc diffusion method with various extract ratios (1:0, 2:1, 1:1, 1:2, and 0:1), along with positive and negative controls. Data were analyzed using Two-Way ANOVA. The results showed that all treatments exhibited antibacterial activity. The highest activity against *Bacillus* was observed at the 2:1 ratio with an average inhibition zone of 9.15 mm, while the highest activity against *Staphylococcus aureus* was observed at the 0:1 ratio with an inhibition zone of 9.6 mm. Statistical analysis showed that extract ratio, bacterial type, and their interaction significantly affected the inhibition zone diameter ($p < 0.05$). The combination of karika leaf extract and bingle essential oil has potential to be developed as a natural antibacterial agent against Gram-positive bacteria causing skin infections.

Keywords: Antibacterial; karika leaf; bingle essential oil; Gram-positive bacteria; skin infection

ABSTRAK

Infeksi kulit akibat bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus* sp. masih menjadi masalah kesehatan, terutama akibat meningkatnya resistensi antibiotik. Daun karika (*Carica pubescens*) dan rimpang bengle (*Zingiber cassumunar*) diketahui mengandung senyawa aktif yang berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun karika dan minyak atsiri bengle terhadap *Bacillus* dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan metode difusi cakram dengan variasi perbandingan ekstrak (1:0, 2:1, 1:1, 1:2, dan 0:1), serta kontrol positif dan negatif. Data dianalisis menggunakan Two-Way ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan memiliki aktivitas antibakteri. Aktivitas tertinggi terhadap *Bacillus* diperoleh pada perbandingan 2:1 dengan rata-rata zona hambat 9,15 mm, sedangkan terhadap *Staphylococcus aureus* pada perbandingan 0:1 sebesar 9,6 mm. Analisis statistik menunjukkan bahwa rasio ekstrak, jenis bakteri, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap diameter zona hambat ($p < 0,05$). Kombinasi ekstrak daun karika dan bengle berpotensi dikembangkan sebagai antibakteri alami terhadap bakteri Gram positif penyebab infeksi kulit.

Kata kunci : Antibakteri; daun karika; minyak atsiri bengle; kombinasi; bakteri Gram positif; infeksi kuli

PENDAHULUAN

Infeksi kulit merupakan salah satu masalah kesehatan yang umum terjadi dan sering disebabkan oleh bakteri Gram positif, terutama *Staphylococcus aureus*. Bakteri ini diketahui sebagai penyebab utama berbagai infeksi kulit seperti abses, furunkel, dan luka terinfeksi, serta berpotensi menyebabkan komplikasi serius apabila tidak ditangani dengan tepat (Giudice, 2020). Selain itu, bakteri dari genus *Bacillus* juga dapat berperan sebagai patogen oportunistik yang menginfeksi jaringan pada kondisi tertentu (Esmkhani & Shams, 2022). Tingginya angka kejadian infeksi kulit menunjukkan perlunya pengembangan terapi antibakteri yang efektif dan aman (Serrano *et al.*, 2019).

Penggunaan antibiotik sintetis sebagai terapi utama infeksi bakteri saat ini menghadapi tantangan berupa meningkatnya resistensi antimikroba. Resistensi ini menyebabkan penurunan efektivitas terapi dan meningkatkan risiko kegagalan pengobatan (Huemer *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pengembangan agen antibakteri berbasis bahan alam menjadi alternatif yang menjanjikan. Bahan alam dinilai memiliki potensi aktivitas biologis yang luas serta efek samping yang relatif lebih rendah dibandingkan antibiotik sintetis.

Tanaman obat diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan tanin yang berperan sebagai antibakteri melalui berbagai mekanisme, termasuk kerusakan membran sel dan gangguan metabolisme bakteri. Salah satu tanaman yang memiliki potensi tersebut adalah daun karika (*Carica pubescens*), yang telah dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif (Astuti & Hadi, 2018). Ekstrak tanaman berbasis bahan alam memiliki aktivitas dalam menghambat pertumbuhan mikroba patogen, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai alternatif antibakteri alami.

Selain daun karika, rimpang bengle (*Zingiber cassumunar*) juga diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan. Kandungan minyak atsiri, terpenoid, dan

senyawa fenolik dalam bengle berperan dalam merusak membran sel, menghambat sintesis protein, dan mengganggu fungsi enzim bakteri. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman dari genus *Zingiber* memiliki aktivitas yang efektif terhadap *Staphylococcus aureus*. Hal ini menjadikan bengle sebagai kandidat potensial dalam pengembangan antibakteri alami (Siddique *et al.*, 2019.) (Hamasilih *et al.*, 2019).

Pendekatan kombinasi ekstrak tanaman merupakan salah satu strategi yang dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas antibakteri melalui efek sinergis. Kombinasi ekstrak memungkinkan interaksi antar senyawa aktif yang dapat meningkatkan daya hambat terhadap bakteri dibandingkan penggunaan tunggal. Namun demikian, penelitian mengenai kombinasi ekstrak daun karika dan minyak atsiri bengle belum dilakukan, khususnya dalam mengevaluasi rasio kombinasi optimal terhadap bakteri penyebab infeksi kulit.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun karika (*Carica pubescens*) dan minyak atsiri rimpang bengle (*Zingiber cassumunar*) terhadap *Bacillus* dan *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri penyebab infeksi kulit. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan perbandingan kombinasi ekstrak yang paling efektif. Kebaruan penelitian ini adalah penentuan rasio kombinasi optimal yang memberikan efek antibakteri terbaik serta indikasi sinergisme antara kedua ekstrak, yang belum banyak dilaporkan pada penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi inkubator, autoklaf, laminar airflow, mikropipet (Eppendorf), timbangan analitik, cawan petri, jangka sorong, gelas beker, erlenmeyer, pipet tetes, tabung reaksi, rak tabung, kapas steril, pinset, serta evaporator putar.

Bahan yang digunakan terdiri dari daun karika (*Carica pubescens*), rimpang bengle (*Zingiber cassumunar*), bakteri uji *Bacillus* sp. dan *Staphylococcus aureus*, etanol 70%, akuades steril, media Plate Count Agar (PCA), larutan McFarland, serta antibiotik tetrasiklin sebagai kontrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Simplisia Daun Karika

Pembuatan simplisia, ekstraksi, serta pengujian kandungan metabolit sekunder daun karika dilakukan mengacu pada prosedur penelitian yang telah digunakan dalam studi terdahulu terkait pengujian aktivitas biologis tumbuhan karika (Luhurningtyas *et al.*, 2024). Daun karika dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan menggunakan lemari pengering pada suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$ hingga kering. Selanjutnya daun dihaluskan dan diayak hingga diperoleh serbuk simplisia.

2. Pembuatan Ekstrak Daun Karika

Sebanyak 500 g serbuk simplisia dimaserasi menggunakan etanol 70% selama 3–5 hari pada suhu ruang dan terlindung dari cahaya. Campuran diaduk secara berkala, kemudian disaring untuk memperoleh filtrat. Filtrat diuapkan menggunakan evaporator putar hingga diperoleh ekstrak kental (Luhurningtyas *et al.*, 2024).

3. Pembuatan Minyak Atsiri Bengle

Rimpang bengle dicuci, dipotong kecil, kemudian dilakukan destilasi uap untuk memperoleh minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh dipisahkan dan disimpan dalam wadah tertutup.

4. Uji Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Karika

Uji skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder pada ekstrak etanol daun karika (*Carica pubescens*). Pengujian dilakukan secara kualitatif menggunakan metode reaksi warna terhadap golongan alkaloid, flavonoid, dan tanin.

a. Uji Alkaloid

Sebanyak 2 mL ekstrak ditambahkan 2 mL HCl 2 N kemudian dibagi ke dalam dua tabung reaksi. Tabung pertama ditambahkan

pereaksi Mayer dan tabung kedua ditambahkan pereaksi Dragendorff. Terbentuknya endapan putih kekuningan pada pereaksi Mayer atau endapan jingga pada pereaksi Dragendorff menunjukkan adanya alkaloid. Reaksi ini terjadi karena ion logam pada pereaksi membentuk kompleks dengan atom nitrogen pada senyawa alkaloid.

b. Uji Flavonoid

Sebanyak 2 mL ekstrak ditambahkan serbuk magnesium (Mg) dan 1 mL HCl pekat. Terbentuknya warna merah, jingga, atau kuning menunjukkan adanya flavonoid. Perubahan warna terjadi akibat reduksi gugus karbonil oleh logam magnesium sehingga membentuk senyawa flavilium berwarna.

c. Uji Tanin

Sebanyak 1 mL ekstrak ditambahkan 2–3 tetes larutan FeCl_3 1%. Terbentuknya warna biru kehitaman atau hijau kehitaman menunjukkan adanya tanin. Reaksi ini terjadi karena pembentukan kompleks antara ion Fe^{3+} dengan gugus fenolik pada tanin.

5. Analisis GC-MS Minyak Atsiri Bengle

Minyak atsiri bengle (*Zingiber cassumunar*) dianalisis menggunakan metode Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) untuk mengidentifikasi senyawa volatil yang terkandung dalam sampel (Putra *et al.*, 2024).

6. Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram berdasarkan metode penelitian yang telah dikembangkan (Hayati *et al.*, 2022). Suspensi bakteri *Bacillus* sp. dan *Staphylococcus aureus* disiapkan dan disesuaikan dengan standar McFarland. Sebanyak 0,1 mL suspensi bakteri diinokulasikan ke dalam media Plate Count Agar (PCA) yang telah dituangkan ke dalam cawan petri, kemudian diratakan secara merata. Cakram kertas direndam dalam larutan ekstrak dengan variasi perbandingan (1:0, 2:1, 1:1, 1:2, dan 0:1), kemudian diletakkan pada permukaan media menggunakan pinset steril. Kontrol positif menggunakan antibiotik tetrasiklin, sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades steril. Seluruh cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

7. Pengukuran Zona Hambat

Zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm). Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali replikasi untuk setiap perlakuan.

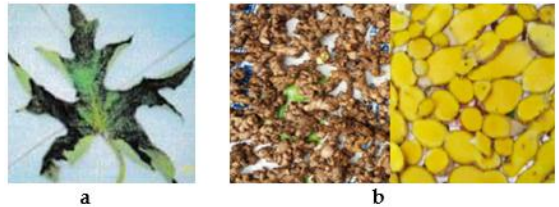
Analisis Data

Data zona hambat dianalisis menggunakan ANOVA dua arah (*Two-Way ANOVA*) untuk mengetahui pengaruh perbandingan ekstrak dan jenis bakteri terhadap aktivitas antibakteri. Jika terdapat perbedaan signifikan, dilakukan uji lanjut (*post hoc*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi ekstrak daun karika (*Carica pubescens*) dan minyak atsiri rimpang bengle (*Zingiber cassumunar*) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Bacillus* sp. dan *Staphylococcus aureus*. Aktivitas ini ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada masing-masing perlakuan. Diameter zona hambat yang dihasilkan bervariasi tergantung pada perbandingan ekstrak yang digunakan.

Secara umum, seluruh perlakuan menunjukkan adanya potensi antibakteri meskipun dengan tingkat efektivitas yang berbeda.



Gambar 1. Daun karika (a) dan rimpang bengle (b)

Pada bakteri *Bacillus* sp., aktivitas antibakteri tertinggi diperoleh pada perbandingan 2:1 (karika: bengle) dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar 9,15 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak memberikan efek yang lebih baik dibandingkan penggunaan ekstrak tunggal. Perbandingan 1:2 juga menunjukkan aktivitas yang cukup tinggi yaitu sebesar 8,65 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi kedua ekstrak mampu meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri tersebut.

Tabel 1. Diameter Zona Hambat Kombinasi Ekstrak Daun Karika dan Bengle terhadap *Bacillus* sp.

Perbandingan Karika: Bengle	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata ±SD
	R1	R2	R3	
01:00	7,2	6,8	7	7,00±0,20
02:01	9,3	9	8,9	9,07±0,21
01:01	7,4	7,1	7,2	7,23±0,15
01:02	9,2	8,1	8,1	8,47±0,64
00:01	7,8	7,2	7,4	7,47±0,31
Kontrol (-)	8,2	8	7,8	8,00±0,20
Kontrol (+)	28	27,2	27,4	27,53±0,42

Pada pengujian aktivitas kombinasi ekstrak daun karika dan minyak atsiri bengle terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, aktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan bengle tunggal (0:1) dengan rata-rata zona hambat sebesar 9,6 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa bengle memiliki peran dominan dalam

menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Sementara itu, kombinasi ekstrak tidak menunjukkan peningkatan aktivitas yang signifikan dibandingkan bengle tunggal. Hal ini mengindikasikan bahwa efek sinergis tidak terjadi secara optimal pada bakteri ini.

Tabel 2. Diameter Zona Hambat Kombinasi Ekstrak Daun Karika dan Bengle terhadap *Staphylococcus aureus*.

Perbandingan Karika: Bengle	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata	
	R1	R2	R3		
01:00	7	6,9	7	6,97	0,05
02:01	7,7	7,8	7,9	7,80	0,08
01:01	6,7	6,3	6,5	6,50	0,16
01:02	7,4	7,4	7,6	7,47	0,09
00:01	10	9,2	9,4	9,53	0,34
Kontrol (-)	6,6	6,6	6,7	6,63	0,05
Kontrol (+)	26,7	26,4	26,5	26,53	0,12

Perbedaan aktivitas antibakteri antara kedua bakteri tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing mikroorganisme. *Bacillus* sp. diketahui memiliki kemampuan membentuk endospora yang membuatnya lebih tahan terhadap kondisi lingkungan dan senyawa antibakteri. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi senyawa aktif untuk meningkatkan efektivitas penghambatan. Sebaliknya, *Staphylococcus aureus* tidak membentuk spora sehingga lebih rentan

terhadap senyawa antibakteri, khususnya yang bersifat lipofilik seperti minyak atsiri bengle.

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun karika (*Carica pubescens*) mengandung beberapa metabolit sekunder penting seperti alkaloid, flavonoid, dan tanin. Sementara itu, minyak atsiri bengle (*Zingiber cassumunar*) menunjukkan dominasi senyawa golongan terpenoid dan komponen minyak atsiri berdasarkan analisis GC-MS.

Tabel 3. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Karika

No	Golongan Senyawa	Pereaksi	Hasil	Keterangan
1	Alkaloid	Mayer & Dragendorff	(+)	Endapan putih/oranye
2	Flavonoid	Mg + HCl	(+)	Warna merah/jingga
3	Tanin	FeCl ₃ 1%	(+)	Warna biru kehitaman

Tabel 4. Hasil Analisis Fitokimia Minyak Atsiri Bengle (GC-MS)

No	Golongan Senyawa	Metode	Hasil	Senyawa Dominan
1	Terpenoid	GC-MS	(+)	α -pinene, β -pinene
2	Monoterpen	GC-MS	(+)	sabinene, camphene
3	Minyak atsiri	GC-MS	(+)	β -myrcene

Senyawa flavonoid dan tanin pada ekstrak karika diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme kerusakan dinding sel dan penghambatan metabolisme bakteri. Flavonoid dapat mengganggu fungsi enzim serta meningkatkan permeabilitas membran, sedangkan tanin mampu mengendapkan protein dinding sel sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Liu *et al*, 2025). Minyak atsiri bengle yang

didominasi oleh senyawa terpenoid dan minyak atsiri memiliki sifat lipofilik yang memungkinkan penetrasi ke dalam membran sel bakteri (Guimaraes *et al*, 2019). Senyawa seperti α -pinene dan β -pinene mampu menyebabkan kebocoran komponen sel dan mengganggu sistem respirasi bakteri (Kaushik, 2018) (Diastuti *et al*, 2024). Struktur dinding sel *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri Gram positif yang relatif sederhana juga mendukung

penetrasi senyawa lipofilik ke membran sitoplasma (Rasheed et al., 2021). Hal ini diduga menyebabkan minyak atsiri bingle menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih dominan terhadap *S. aureus* dibandingkan kombinasi ekstrak dengan karika.

Jika dibandingkan dengan kontrol positif, yaitu tetrasiklin, seluruh perlakuan ekstrak menunjukkan diameter zona hambat yang jauh lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak masih lebih rendah dibandingkan antibiotik standar. Tetrasiklin bekerja dengan menghambat sintesis protein bakteri secara spesifik sehingga memiliki efektivitas yang lebih tinggi (Anggita et al., 2022). Namun demikian, penggunaan bahan alam tetap memiliki keunggulan dalam hal keamanan dan potensi pengembangan jangka panjang. Kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat, yang menandakan bahwa pelarut yang digunakan tidak memiliki aktivitas antibakteri. Hal ini penting untuk memastikan bahwa zona hambat yang terbentuk benar disebabkan oleh aktivitas ekstrak dan tidak dipengaruhi faktor lain.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak daun karika dan bingle memiliki potensi sebagai antibakteri alami terhadap bakteri Gram positif penyebab infeksi kulit. Namun, efektivitasnya masih tergolong sedang jika dibandingkan dengan antibiotik standar. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan aktivitas antibakteri, seperti optimasi konsentrasi, formulasi sediaan, atau kombinasi dengan bahan lain. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah dalam pengembangan produk antibakteri berbasis bahan alam.

Hasil analisis Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa perbandingan ekstrak, jenis bakteri, serta interaksi antara keduanya berpengaruh signifikan terhadap diameter zona hambat ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi ekstrak, tetapi juga oleh jenis bakteri yang diuji. Interaksi yang signifikan mengindikasikan bahwa respon masing-masing bakteri terhadap perlakuan berbeda. Dengan demikian, efektivitas ekstrak bersifat spesifik terhadap jenis bakteri.

Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa kelompok perlakuan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat aktivitas antibakteri. Kelompok dengan aktivitas rendah terdiri dari perbandingan 1:1, 1:0, dan kontrol negatif yang tidak berbeda signifikan satu sama lain. Kelompok dengan aktivitas sedang terdiri dari perbandingan 1:2, 2:1, dan 0:1 yang menunjukkan peningkatan aktivitas, namun tidak berbeda signifikan antar kelompok tersebut. Sementara itu, kontrol positif menunjukkan aktivitas tertinggi dan berbeda signifikan dengan seluruh kelompok perlakuan. Jika ditinjau berdasarkan jenis bakteri, terlihat adanya perbedaan respon terhadap perlakuan. Perbandingan 2:1 menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi terhadap *Bacillus* dibandingkan *Staphylococcus aureus*.

Sebaliknya, perlakuan 0:1 menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dibandingkan *Bacillus*. Perbandingan 1:1 dan 1:0 menunjukkan aktivitas yang relatif rendah pada kedua bakteri, meskipun masih sedikit lebih efektif terhadap *Bacillus*. Hal ini memperkuat adanya interaksi antara rasio ekstrak dan jenis bakteri.

Tabel 5. Hasil Uji Tukey pada *Bacillus* sp. (*p-value*)

Kelompok	1:0	1:1	1:2	2:1	0:1	Kontrol (-)	Kontrol (+)
1:0	-	0,990	0,001	0,000	0,394	0,394	0,000
1:1	0,990	-	0,001	0,000	0,111	0,111	0,000
1:2	0,001	0,001	-	0,089	0,006	0,006	0,000
2:1	0,000	0,000	0,089	-	0,089	0,000	0,000
0:1	0,394	0,111	0,006	0,089	-	0,111	0,000
Kontrol (-)	0,394	0,111	0,006	0,000	0,111	-	0,000
Kontrol (+)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-

Keterangan : $p > 0,05$ = berbeda signifikan; $p < 0,05$ = tidak berbeda signifikan

Perbedaan respon ini menunjukkan bahwa mekanisme kerja senyawa aktif dalam ekstrak bersifat spesifik terhadap jenis bakteri. Kandungan minyak atsiri pada bangle

cenderung lebih efektif terhadap *Staphylococcus aureus* yang memiliki struktur membran lebih sensitif terhadap senyawa lipofilik.

Tabel 6. Hasil Uji Tukey pada *Staphylococcus aureus* (p -value)

Kelompok	1:0	1:1	1:2	2:1	0:1	Kontrol (-)	Kontrol (+)
1:0	-	0,990	0,036	0,000	0,000	0,394	0,000
1:1	0,990	-	0,001	0,000	0,000	0,111	0,000
1:2	0,036	0,001	-	0,089	0,000	0,006	0,000
2:1	0,000	0,000	0,089	-	0,000	0,000	0,000
0:1	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000	0,000
Kontrol (-)	0,394	0,111	0,006	0,000	0,000	-	0,000
Kontrol (+)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-

Keterangan : $p > 0,05$ = berbeda signifikan; $p < 0,05$ = tidak berbeda signifikan

Sementara itu, kombinasi ekstrak karika dan bangle menunjukkan efek yang lebih optimal terhadap *Bacillus*, kemungkinan melalui mekanisme sinergis antara senyawa flavonoid dan terpenoid. Hasil ini menunjukkan potensi pengembangan kombinasi ekstrak sebagai antibakteri alami yang selektif terhadap jenis bakteri tertentu.

KESIMPULAN

Kombinasi ekstrak daun karika (*Carica pubescens*) dan minyak atsiri bangle (*Zingiber cassumunar*) terbukti memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif, yaitu *Bacillus* sp. dan *Staphylococcus aureus*. Perlakuan kombinasi karika:bangle 2:1 memberikan aktivitas terbaik terhadap *Bacillus* sp. dengan rata-rata zona hambat $9,07 \pm 0,21$ mm, sedangkan bangle tunggal (0:1) menunjukkan aktivitas tertinggi terhadap *Staphylococcus aureus* sebesar $9,53 \pm 0,42$ mm. Skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak karika mengandung alkaloid, flavonoid, dan tanin, sedangkan bangle didominasi oleh senyawa terpenoid dan minyak atsiri berdasarkan analisis GC-MS. Hasil Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa rasio kombinasi ekstrak, jenis bakteri, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap diameter zona hambat ($p < 0,05$), sehingga kombinasi ekstrak karika dan bangle berpotensi dikembangkan sebagai antibakteri alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggita, D., Nuraisyah, S., & Wiriansya, E. P. (2022). Mekanisme Kerja Antibiotik. 7(1), 46–58.
- Guimarães, A. C., Meireles, L. M., Lemos, M. F., Guimarães, M. C. C., Endringer, D. C., Fronza, M., & Scherer, R. (2019). Antibacterial Activity Of Terpenes And Terpenoids Present In Essential Oils. *Molecules*, 24(13), 2471.
- A Hamasalih, R. M., & Abdulrahman, Z. F. A. (2020). Antibiofilm Potency Of Ginger (*Zingiber Officinale*) And Quercetin Against *Staphylococcus Aureus* Isolated From Urinary Tract Catheterized Patients. *Applied Ecology & Environmental Research*, 18(1).
- Astuti, T. D., & Hadi, W. S. (2018). Potensi Ekstrak Daun *Carica pubescens* Sebagai Alternatif Antidiare Bakteri *Vibrio cholerae* Dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 7(2), 61–69. <https://doi.org/10.29238/teknolabjournal.v7i2.138>.
- Diastuti, H., & Mufida, Z. L. (2024). Isolasi senyawa metabolit sekunder dari fraksi etil asetat rimpang bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) serta uji aktivitas terhadap *Candida albicans*. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 7(1), 29-36.
- Esmkhani, M., & Shams, S. (2022). Cutaneous Infection Due To *Bacillus cereus*: A Case Report. *BMC Infectious Diseases*, 1–4. <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07372->

9. Hayati, A. R., Singkam, A. R., & Jumiarni, D. (2022). Uji Antibakteri Ekstrak Etanol Daun *Theobroma cacao* L. terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dengan Metode Difusi Cakram. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 31-40.
- Huemer, M., Shambat, S. M., & Brugger, S. D. (2020). Antibiotic Resistance And Persistence — Implications For Human Health And Treatment Perspectives. 1–24.
- Anggita, D., Nuraisyah, S., & Wiriansya, E. P. (2022). Mekanisme Kerja Antibiotik. *UMI Medical Journal*. 7(1), 46–58.
- Kaushik, V. (2018). Antimicrobial Activity and Molecular Docking Studies of a Sesquiterpenoid Alcohol from Leaf Solvent Extracts of *Juniperus communis* L. July.
- Liu, Y., Zhu, J., Liu, Z., Zhi, Y., Mei, C., & Wang, H. (2025). Flavonoids As Promising Natural Compounds For Combating Bacterial Infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(6), 2455.
- Luhurningtyas, F. P., Mir-a Kemila, Suzan Astyamalia, & Evi Novitasari. (2024). Penetapan Kadar Flavonoid Dan Pengaruh Ekstrak Biji Karika Terhadap Jumlah Leukosit Pada Mencit Yang Diinduksi Karagenan. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 7(2), 147–157. <https://doi.org/10.29313/jiff.v7i2.2855>.
- Putra, C. G. G., Ariantika, L., Reina, C., Sulistiani, S., Yunita, R., & Nabila, R. (2024). Analisis Komponen Senyawa Minyak Atsiri dalam Tumbuhan dengan Menggunakan Metode GC-MS. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(13), 475-492.
- Rasheed, N. A., Hussein, N. R., Region, K., Polytechnic, D., & Region, K. (2021). *Staphylococcus aureus*: An Overview of Discovery , Characteristics , Epidemiology , Virulence Factors and Antimicrobial Sensitivity. 08(03), 1160–1183.
- Serrano, L., Bs, K. R. P., & Mph, J. I. S. (2019). Association Between Atopic Dermatitis And Extracutaneous Bacterial And Mycobacterial Infections: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Journal of American Dermatology*. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.11.028>
- Siddique, H., Pendry, B., & Rahman, M. M. (2019). Terpenes From *Zingiber montanum* And Their Screening Against Multi-Drug Resistant And Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 24(3), 385.