

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL  
DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK ETANOL RIMPANG  
JAHE MERAH (*Zingiber officinale var. rubrum*) TERHADAP *Salmonella*  
*typhi* SECARA *IN VITRO***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**AULIA FIFI MALIKA**

**2218011136**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL  
DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK ETANOL RIMPANG  
JAHE MERAH (*Zingiber officinale var. rubrum*) TERHADAP *Salmonella*  
*typhi* SECARA IN VITRO**

**Oleh**

**AULIA FIFI MALIKA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA KEDOKTERAN**

**Pada**

**Jurusan Pendidikan Dokter  
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

Judul Skripsi

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI  
KOMBINASI EKSTRAK ETANOL DAUN  
KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK  
ETANOL RIMPANG JAHE (*Zingiber  
officinale*) TERHADAP *Salmonella typhi*  
SECARA IN VITRO**

Nama Mahasiswa

: **Aulia Fifi Malika**

No. Pokok Mahasiswa

: **2218011136**

Program Studi

: **Pendidikan Dokter**

Fakultas

: **Kedokteran**



**Dr. dr. Tri Umiana Soleha, S. Ked, M. Kes.**

NIP 197609032005011001

**Nabilla, M. Pd.**

NIP 199505282024062002



**Dr. dr. Evi Hurniawaty, S.Ked., M.Sc**

NIP 197601202003122001

## **PENGESAHAN**

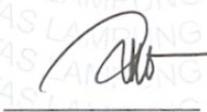
1. Tim Pengaji

Pembimbing I : **Dr. dr. Tri Umiana Soleha, S. Ked., M. Kes.**



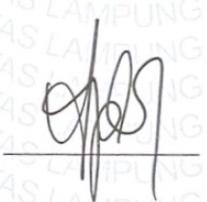
Pembimbing II

: **Nabilla, M. Pd.**



Pengaji

Bukan Pembimbing : **Dr. dr. Ety Apriliana, S. Ked., M. Biomed.**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.**

NIP 197601202003122001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Januari 2026**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aulia Fifi Malika  
NPM : 2218011136  
Program Studi : Pendidikan Dokter  
Judul Skripsi : UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK ETANOL RIMPANG JAHE MERAH (*Zingiber officinale var. rubrum*) TERHADAP *Salmonella typhi* SECARA IN VITRO

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Skripsi ini merupakan **HASIL KARYA SAYA SENDIRI**. Apabila di kemudian hari terbukti adanya plagiarisme dan kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia diberi sanksi.

Bandar Lampung, 13 Januari 2026

Mahasiswa,



AULIA FIFI MALIKA

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 02 Januari 2004 dari pasangan Bapak Fiwin, S.E. dan Ibu Fitri Amalia, S.E. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Labschool FIP UMJ dan lulus pada tahun 2015. Pendidikan sekolah menengah pertama diselesaikan di Madrasah Pembangunan UIN Jakarta pada tahun 2018, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di Madrasah Aliyah Negeri 4 Jakarta dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjalani masa studi, penulis tergabung dalam LUNAR–Medical Research Community (LUNAR-MRC) dan berperan sebagai anggota Divisi Resource Management pada periode 2024–2025.

**“Karya ini dipersembahkan kepada  
Umi dan Abi”**

– And Allah is the best of planners –

(QS. Ali 'Imran: 54)

## SANWACANA

Alhamdulillahirrabil' alamin puji syukur senantiasa Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul “**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK ETANOL RIMPANG JAHE MERAH (*Zingiber officinale var. rubrum*) TERHADAP *Salmonella typhi* SECARA *IN VITRO***” disusun sebagai pemenuh syarat guna mencapai gelar sarjana di Fakultas Kedokteran di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Dengan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Indri Windarti, S.Ked., Sp.PA., selaku Ketua Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. dr. Intanri Kurniati, S.Ked., Sp.PK., selaku Kepala Program Studi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
5. Dr. dr. Tri Umiana Soleha, S. Ked., M. Kes., selaku Pembimbing Pertama sekaligus orang tua kedua penulis yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, memberikan kritik dan saran yang konstruktif selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala dukungan dan nasihat yang tidak pernah putus diberikan selama proses penyusunan skripsi, penulis sangat menghargai ilmu yang telah dibagikan;

6. Nabilla, M. Pd., selaku Pembimbing Kedua, yang bersedia meluangkan waktu dan tenaga, serta dengan sabar memberikan bimbingan, dukungan, kritik, saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis;
7. Dr. dr. Ety Apriliana, S. Ked., M. Biomed., selaku Pembahas dan Pembimbing Akademik, yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi serta masukan berupa kritik dan saran yang diberikan selama masa studi dan proses penyusunan skripsi;
8. Segenap jajaran dosen dan civitas Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah mendidik dan membantu penulis selama perkuliahan;
9. Seluruh laboran Laboratorium Botani FMIPA Universitas Lampung serta Laboratorium Mikrobiologi dan Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah membantu dan mendampingi penulis selama pelaksanaan penelitian sehingga proses penelitian dapat berjalan dengan lancar;
10. Umi dan Abi, yang telah memberikan doa, dukungan, perhatian, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan, serta mendampingi penulis dalam berbagai proses akademik hingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik;
11. Keluarga Kecil: Nisa, Adel, dan Ika, atas kebersamaan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama menjalani masa studi di perantauan;
12. Rio Sanjaya, atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
13. RDH x KOOR Keluarga Lengkap: Adel, Alfi, Ameera, Asbor, Apis, Atha, Fayza, Ika, Lala, Sabrina, Nara, Nawra, Nisa, Naya, Vania, Tia, dan Tiara yang telah memberikan kebersamaan dan dukungan kepada penulis serta membantu menciptakan suasana perkuliahan yang menyenangkan selama masa preklinik;
14. DPA Metata25al: Adin Kurnia, Yunda Nisrina, Ameera, Asbor, Alfi, Fayza, Nara, Nawra, Ghina, Loisa, Niko, Atha, Revo, dan Justin, yang telah menjadi keluarga pertama bagi penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;

15. Leya, Kabe, dan Era, yang telah menjadi teman penulis sejak masa SMA dan senantiasa memberikan dukungan kepada penulis hingga saat ini;
16. Virgie, Intan, dan Dilla, yang telah menjadi teman penulis sejak masa SMP dan senantiasa memberikan dukungan kepada penulis hingga saat ini;
17. Teman-teman sejawat angkatan 2022 (Troponin-Tropomiosin), terima kasih untuk segala memori indahnya selama 7 semester ini. Semoga perjuangan yang sudah kita lalui dapat membantu kita menjadi dokter yang profesional;
18. Terima kasih kepada segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah mendukung dan membantu dalam penyusunan skripsi ini;
19. Terima kasih juga kepada diri saya sendiri yang tetap bertahan dan berusaha menyelesaikan proses penyusunan skripsi ini dengan sebaik-baiknya, sesulit apapun prosesnya.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi kebermanfaatan bagi para pembacanya.

Bandar Lampung, 13 Januari 2026  
Penulis

**AULIA FIFI MALIKA**

## ABSTRACT

### **Antibacterial Activity Test of the Combination of Ethanol Extracts of Moringa Leaves (*Moringa oleifera*) and Red Ginger Rhizomes (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) Against *Salmonella typhi* In Vitro**

By

**AULIA FIFI MALIKA**

**Background:** Typhoid fever is an infectious disease caused by *Salmonella typhi* and remains a public health problem. The increasing incidence of antibiotic resistance has encouraged the exploration of alternative antibacterial agents derived from natural products. Moringa leaves (*Moringa oleifera*) and red ginger rhizome (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) are known to contain secondary metabolites with potential antibacterial properties.

**Methods:** This study was an experimental laboratory research. Extraction of moringa leaves and red ginger rhizome was carried out using the maceration method with 96% ethanol as the solvent. Antibacterial activity against *Salmonella typhi* was evaluated using the dilution method to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC), as well as the agar well diffusion method to observe the diameter of inhibition zones.

**Results:** The results showed that all tested concentrations of moringa leaf and red ginger ethanolic extracts still exhibited bacterial growth in the dilution assay, indicating that MIC and MBC values could not be determined. In the agar well diffusion assay, both single extracts and their combinations did not produce inhibition zones against *Salmonella typhi*.

**Conclusions:** The ethanolic extracts of Moringa leaves (*Moringa oleifera*) and red ginger rhizomes (*Zingiber officinale* var. *rubrum*), as well as their combination, did not demonstrate antibacterial activity against *Salmonella typhi* under the conditions of this study.

**Keywords:** Moringa Leaf, Red Ginger, *Salmonella typhi*, Antibacterial Activity, Agar Well Diffusion

## ABSTRAK

### UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DAN EKSTRAK ETANOL RIMPANG JAHE MERAH TERHADAP *Salmonella typhi* SECARA *IN VITRO*

Oleh

AULIA FIFI MALIKA

**Latar Belakang:** Demam tifoid merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella typhi* dan masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat. Meningkatnya resistensi antibiotik mendorong pencarian sumber antibakteri alternatif dari bahan alam. Daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder yang berpotensi memiliki aktivitas antibakteri.

**Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Ekstraksi daun kelor dan rimpang jahe merah dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Uji aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi* dilakukan menggunakan metode dilusi untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM), serta metode difusi sumuran untuk mengamati diameter zona hambat.

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi ekstrak etanol daun kelor dan rimpang jahe merah masih memperlhatkan pertumbuhan bakteri pada uji dilusi sehingga nilai KHM dan KBM tidak dapat ditentukan. Pada uji difusi sumuran, ekstrak tunggal maupun kombinasi tidak membentuk zona hambat terhadap *Salmonella typhi*.

**Kesimpulan:** Ekstrak etanol daun kelor dan rimpang jahe merah serta kombinasi keduanya tidak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi* pada kondisi penelitian ini.

**Kata Kunci:** Daun kelor, Jahe Merah, *Salmonella typhi*, Antibakteri, Difusi Sumuran

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.3.1 Tujuan Umum .....	8
1.3.2 Tujuan Khusus .....	8
1.4 Manfaat Penelitian .....	8
1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti .....	8
1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat.....	8
1.4.3 Manfaat Bagi Institusi.....	9
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	 <b>10</b>
2.1 <i>Salmonella typhi</i> .....	10
2.1.1 Dekripsi .....	10
2.1.2 Morfologi .....	11
2.1.3 Patogenesis.....	12
2.1.4 Terapi Farmakologi.....	15
2.2 Tanaman Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) .....	15
2.2.1 Morfologi Tanaman Kelor .....	16
2.2.2 Kandungan Fitokimia Tanaman Kelor .....	17

2.2.3 Potensi Antimikroba Ekstrak Daun Kelor Terhadap <i>Salmonella typhi</i> .....	23
2.3 Tanaman Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) .....	24
2.3.1 Morfologi Tanaman Jahe Merah.....	25
2.3.2 Kandungan Fitokimia Tanaman Jahe Merah .....	26
2.3.3 Potensi Antimikroba Ekstrak Rimpang Jahe Merah Terhadap <i>Salmonella typhi</i> .....	30
2.4 Uji Aktivitas Antibakteri Secara <i>In vitro</i> .....	31
2.4.1 Metode Difusi .....	32
2.4.2 Metode Dilusi .....	33
2.5 Penelitian Terdahulu .....	35
2.6 Kerangka Teori .....	40
2.7 Kerangka Konsep.....	41
2.8 Hipotesis Penelitian .....	41
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
3.1 Rancangan Penelitian.....	42
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	42
3.3 Mikroba Uji dan Bahan Uji Penelitian.....	43
3.3.1 Mikroba Uji Penelitian.....	43
3.3.2 Bahan Uji Penelitian .....	43
3.3.3 Media Kultur.....	43
3.4 Identifikasi Variabel Penelitian.....	43
3.4.1 Variabel Bebas ( <i>independent variable</i> ) .....	43
3.4.2 Variabel Terikat ( <i>dependent variable</i> ).....	44
3.5 Definisi Operasional .....	45
3.6 Kelompok Perlakuan.....	46
3.6.1 Kelompok Perlakuan Uji Dilusi.....	46
3.6.2 Kelompok Perlakuan Uji Difusi .....	47
3.7 Prosedur Penelitian .....	48
3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	48
3.7.2 Determinasi Tanaman .....	50

3.7.3 Pembuatan Simplisia Daun Kelor dan Rimpang Jahe .....	50
3.7.4 Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah.....	51
3.7.5 Uji Fitokimia.....	51
3.7.6 Pembuatan Konsentrasi Ekstrak .....	53
3.7.7 Pembuatan Media Kultur.....	53
3.7.8 Persiapan Bakteri Uji .....	54
3.7.9 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Metode Dilusi .....	55
3.7.10 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Metode Difusi Sumuran ..	56
3.7.11 Analisis data.....	57
3.8 Alur Penelitian .....	58
3.9 Manajemen Data .....	59
3.9.1 Sumber Data .....	59
3.9.2 Analisis Data.....	59
3.10 Etika Penelitian .....	60
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	61
4.1.1 Determinasi Tanaman .....	61
4.1.2 Pembuatan Simplisia dan Ekstrak Etanol .....	61
4.1.3 Uji Fitokimia.....	62
4.1.4 Analisis Univariat .....	62
4.1.5 Analisis Bivariat .....	70
4.2 Pembahasan.....	70
4.2.1 Hasil Ekstraksi dan Rendemen .....	70
4.2.2 Uji Fitokimia.....	71
4.2.3 Aktivitas Antibakteri.....	72
4.3 Keterbatasan Penelitian.....	80
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>80</b>
5.1 Simpulan .....	81
5.2 Saran .....	81

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR TABEL

Halaman		
	Tabel	
10	<b>Tabel 2. 1</b> Taksonomi <i>Salmonella typhi</i> .....	
16	<b>Tabel 2. 2</b> Taksonomi Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) .....	
25	<b>Tabel 2. 3</b> Taksonomi Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) .....	
35	<b>Tabel 2. 4</b> Penelitian Terdahulu.....	
45	<b>Tabel 3. 1</b> Definisi Operasional.....	
46	<b>Tabel 3. 2</b> Kelompok Perlakuan Uji Dilusi .....	
47	<b>Tabel 3. 3</b> Kelompok Perlakuan Uji Difusi.....	
56	<b>Tabel 3. 4</b> Kategori Diameter Zona Hambat .....	
62	<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah .....	
63	<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Pengukuran KHM Uji Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah.....	
64	<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Pengukuran KBM Uji Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah.....	
66	<b>Tabel 4. 4</b> Hasil KHM pada Uji Dilusi Kombinasi .....	
67	<b>Tabel 4. 5</b> Hasil KBM pada Uji Dilusi Kombinasi .....	
68	<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Diameter Zona Hambat Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah .....	
69	<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Uji Difusi Sumuran Ekstrak dengan Pengenceran DMSO .....	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
<b>Gambar 2. 1</b> Morfologi <i>Salmonella typhi</i> .....	11
<b>Gambar 2. 2</b> Bakteri <i>Salmonella typhi</i> dengan Perbesaran 100x .....	11
<b>Gambar 2. 3</b> Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) .....	16
<b>Gambar 2. 4</b> Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ).....	25
<b>Gambar 2. 5</b> Kerangka Teori .....	40
<b>Gambar 2. 6</b> Kerangka Konsep.....	41
<b>Gambar 3. 1</b> Alur Penelitian .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> <i>Ethical Clearance</i> .....	93
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Determinasi Daun kelor.....	94
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Determinasi Rimpang Jahe Merah .....	96
<b>Lampiran 4.</b> Persiapan Sampel.....	98
<b>Lampiran 5.</b> Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kelor .....	99
<b>Lampiran 6.</b> Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kelor .....	100
<b>Lampiran 7.</b> Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah .....	101
<b>Lampiran 8.</b> Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah .....	102
<b>Lampiran 9.</b> Sertifikat Analisis <i>Salmonella typhi</i> .....	103
<b>Lampiran 10.</b> Bakteri <i>Salmonella typhi</i> .....	104
<b>Lampiran 11.</b> Hasil KHM Ekstrak Etanol Daun Kelor .....	105
<b>Lampiran 12.</b> Hasil KHM Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah.....	105
<b>Lampiran 13.</b> Hasil KBM Ekstrak Etanol Daun Kelor .....	106
<b>Lampiran 14.</b> Hasil KBM Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah .....	107
<b>Lampiran 15.</b> Hasil KBM Kontrol Positif dan Kontrol Negatif Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah.....	108
<b>Lampiran 16.</b> Hasil KHM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 1:1 .....	109
<b>Lampiran 17.</b> Hasil KHM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 1:2 .....	109
<b>Lampiran 18.</b> Hasil KHM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 2:1 .....	110
<b>Lampiran 19.</b> Hasil KBM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 1:1 .....	111

<b>Lampiran 20.</b> Hasil KBM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 1:2 .....	112
<b>Lampiran 21.</b> Hasil KBM Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah dengan Perbandingan 2:1 .....	113
<b>Lampiran 22.</b> Zona Hambat Ekstrak Tunggal dan Ekstrak Kombinasi .....	114
<b>Lampiran 23.</b> Pengulangan Zona Hambat Ekstrak Tunggal dan Ekstrak Kombinasi dengan Pengenceran DMSO .....	115
<b>Lampiran 24.</b> Dokumentasi Penelitian .....	116

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Demam tifoid adalah infeksi akut sistem pencernaan yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Demam tifoid masih sering terjadi, terutama di negara-negara berkembang. Penularan penyakit ini dapat terjadi melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh bakteri *Salmonella typhi*. Selain itu, penularan juga dapat terjadi melalui feses, urin, atau sekret penderita tifoid dengan cara kontak langsung. Sehingga, demam tifoid sangat berkaitan dengan sanitasi dan higiene dalam penularannya (Levani & Prastyo, 2020).

Berdasarkan World Health Organization (WHO) diperkirakan terdapat 11-21 juta kasus demam tifoid dan 148.000-161.000 kematian yang terjadi pada tahun 2015. Pada tahun 2019 terdapat studi yang memperkirakan bahwa terjadi kasus demam tifoid sebanyak 9,2 juta dan 110.000 nya mengalami kematian yang terjadi di seluruh dunia. Insiden tertinggi diperkirakan terjadi di wilayah Asia Tenggara, Mediterania Timur, dan Afrika (Hancuh *et al.*, 2023).

Kasus demam tifoid di Indonesia diperkirakan berkisar antara 350 hingga 810 per 100.000 penduduk. Prevalensi penyakit ini mencapai 1,6% dan menempati peringkat ke-5 sebagai penyakit menular yang menyerang semua kelompok usia di Indonesia, dengan proporsi sebesar 6,0%. Selain itu, demam tifoid juga berada di peringkat ke-15 sebagai penyebab kematian di seluruh kelompok usia di Indonesia, dengan angka kematian

sebesar 1,6%. Pada tahun 2018 di Provinsi Lampung, jumlah pasien yang dirawat di Puskesmas akibat demam tifoid mencapai 37.708 kasus, dengan 210 pasien menjalani rawat jalan dan 96 pasien dirawat inap. Angka ini meningkat dibandingkan tahun 2017, di mana terdapat 32.896 pasien di Puskesmas, 187 pasien rawat jalan, dan 92 pasien yang menjalani perawatan inap (Kurniawan *et al.*, 2025). Data tersebut menunjukkan bahwa demam tifoid masih menjadi masalah kesehatan yang penting sehingga memerlukan perhatian lebih lanjut.

Pengobatan utama demam tifoid dilakukan dengan antibiotik. Beberapa antibiotik lini pertama seperti kloramfenikol, ampisilin, dan trimetoprim-sulfametoksazol kini banyak mengalami resistensi. World Health Organization (WHO) merekomendasikan azitromisin, siprofloksasin, atau seftriakson sebagai alternatif, namun beberapa laporan juga menunjukkan adanya resistensi terhadap antibiotik tersebut. Bharathan dan Kurian (2021) melaporkan kasus pasien demam tifoid yang kembali dari Pakistan dengan hasil kultur *Salmonella typhi* yang resisten terhadap seluruh golongan sefalosporin, termasuk seftriakson. Kondisi ini menunjukkan bahwa resistensi antibiotik terhadap *S. typhi* telah menjadi masalah global yang perlu diwaspadai (Bharathan & Kurian, 2021; Hartanto, 2021; Kuehn *et al.*, 2022).

Di Indonesia, tingkat resistensi *Salmonella typhi* menunjukkan variasi antarwilayah. Penelitian di Karawang melaporkan tingkat resistensi yang relatif rendah terhadap sebagian besar antibiotik, dengan resistensi terhadap ampisilin, trimetoprim-sulfametoksazol, seftriakson, siprofloksasin, dan levofloksasin masing-masing sebesar 5,4%, 8,6%, 0%, 1,1%, dan 3,2%, serta tingkat *multidrug resistant* (MDR) tidak lebih dari 4,3%. Sebaliknya, penelitian di Jayapura menunjukkan tingkat resistensi yang jauh lebih tinggi terhadap amoksisilin (100%), sefazolin (75%), ampisilin (75%), amikasin (62,5%), trimetoprim-sulfametoksazol (62,5%), gentamisin (50%), dan ampisilin-sulbaktam (37,5%). Perbedaan

ini menunjukkan bahwa tingkat resistensi antibiotik di Indonesia tidak merata dan dapat dipengaruhi oleh perbedaan pola penggunaan antibiotik di masing-masing daerah (Kelanit *et al.*, 2016; Lugito & Cucunawangsih, 2017).

Di Provinsi Lampung, penelitian lokal menunjukkan bahwa isolat *Salmonella typhi* masih sensitif terhadap kloramfenikol dan amoksisilin, namun telah menunjukkan resistensi terhadap kotrimoksazol serta sensitivitas intermediet terhadap siprofloksasin. Penelitian lain di beberapa puskesmas di Bandar Lampung juga melaporkan resistensi terhadap amoksisilin, ampisilin, seftriakson, dan sefiksim. Variasi tingkat resistensi ini menunjukkan bahwa resistensi antibiotik terhadap *S. typhi* telah menjadi masalah serius di Indonesia, termasuk di daerah Lampung. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alternatif terapi yang lebih efektif, salah satunya melalui pemanfaatan bahan alam. Indonesia dengan kekayaan hayatinya memiliki potensi besar dalam mengembangkan obat herbal seperti daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe (*Zingiber officinale*), yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri dan berpotensi meningkatkan efektivitas antibiotik (Jonis, 2018; Sandika, 2017).

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) banyak dijumpai di Indonesia dan telah lama dimanfaatkan masyarakat karena hampir seluruh bagiannya, mulai dari akar, batang, daun, buah, hingga biji, memiliki khasiat. Daun kelor sering diolah menjadi berbagai makanan seperti sayur bening, tepung, kue, dan teh karena kaya protein, zat besi, vitamin A, dan vitamin C yang bermanfaat untuk mencegah malnutrisi. Selain itu, kelor digunakan untuk menjaga kesehatan tubuh, seperti menurunkan kadar gula darah, kolesterol, dan tekanan darah, serta dipercaya membantu pengobatan penyakit dalam dan kanker. Kelor juga berperan di bidang lingkungan dan kecantikan, misalnya sebagai tanaman penghijauan, pakan ternak, serta bahan kosmetik alami berkat kandungan antioksidannya. Dengan berbagai manfaat tersebut, kelor dikenal sebagai “*Tree for Life*”, yakni

tanaman serbaguna yang potensial dikembangkan di bidang pangan, kesehatan, kecantikan, dan lingkungan (Fauziah *et al.*, 2023; Isnain & Muin, 2017).

Salah satu bagian yang paling banyak digunakan pada tanaman kelor adalah daunnya. Daun kelor (*Moringa oleifera*) mengandung berbagai zat fitokimia yang terdiri dari tanin katekol, tanin galia, steroid, triterpenoid, flavonoid, saponin, antrakuinon, alkaloid, dan gula pereduksi yang dapat digunakan sebagai obat. Senyawa tersebut dapat bermanfaat sebagai penyembuhan luka, anti hipertensi, anti diabetes, anti jamur, detoksifikasi dan pemurnian air, perawatan kulit, dan sebagai antibakteri. Senyawa tanin, steroid, terpenoid, flavonoid, saponin, dan alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri. Daun kelor mengandung senyawa aktif utama berupa kuersetin, yang diketahui memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Mekanisme kerja kuersetin meliputi penghambatan sintesis asam lemak pada bakteri serta penekanan produksi metabolit toksik, sehingga mengganggu pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri (Emelia *et al.*, 2020; Fauziah *et al.*, 2023; Nasution *et al.*, 2023; Vinca *et al.*, 2023; Wulandari *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Nasution, Harahap, dan Nasution (2023) melaporkan bahwa ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 15% mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* dengan rata-rata zona hambat sebesar 10,7 mm. Selain itu, penelitian oleh Saputri, Lestari, dan Jayati (2025) melaporkan bahwa sari pati daun kelor dapat menghambat pertumbuhan *S. typhi* dengan diameter rata-rata zona hambat tertinggi berada pada dosis 80 gram sebesar 20,4 mm dan paling rendah pada dosis 50 gram sebesar 10,26 mm (Nasution *et al.*, 2023; Saputri *et al.*, 2025).

Selain tanaman kelor, terdapat tanaman jahe (*Zingiber officinale*) yang banyak dimanfaatkan masyarakat. Secara empiris, rimpang jahe telah dimanfaatkan sebagai bumbu masakan sekaligus obat tradisional untuk

membantu mengatasi berbagai gangguan kesehatan, seperti diabetes, arthritis, rematik, nyeri, sakit tenggorokan, sembelit, gangguan pencernaan, hipertensi, demensia, demam, penyakit menular, serta penyakit akibat cacing. Menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung tahun 2024, jahe menempati urutan kedua produksi terbesar tanaman biofarmaka di provinsi tersebut dengan jumlah mencapai 3.006.568. Berdasarkan hasil identifikasi fitokimia, jahe mengandung senyawa terpenoid sebagai komponen utama minyak atsiri, flavonoid, komponen polifenol seperti asam fenolat, gingerol, paradol, dan shogaol, serta alkaloid dan saponin yang bersifat sebagai antibakteri. Bagian tanaman yang paling banyak digunakan adalah rimpangnya, karena kaya akan senyawa bioaktif yang berperan penting dalam aktivitas terapeutik. (Ahnafani *et al.*, 2024; Badan Pusat Statistik Lampung, 2024; Dianawati & Zalfhira, 2023; Isramilda *et al.*, 2024; Rahma *et al.*, 2025; Yanuarty *et al.*, 2024).

Salah satu varietas jahe yang banyak dimanfaatkan adalah jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*). Jahe merah banyak dimanfaatkan sebagai antibakteri, antipiretik, antiinflamasi, analgesik, penurun kadar kolesterol, serta berperan dalam menjaga daya tahan tubuh dan berbagai fungsi kesehatan lainnya. Dibandingkan jenis lainnya jahe merah memiliki kandungan gingerol dan shogaol yang lebih tinggi, sehingga sejak lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Keunggulan jahe merah sebagai antibakteri juga dibuktikan oleh penelitian Dianawati & Zulfara (2023), yang menemukan bahwa ekstrak etanol jahe merah lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan koloni *Streptococcus mutans* dibandingkan jahe emprit maupun jahe gajah. Senyawa aktif dalam jahe merah seperti gingerol, shogaol, dan zingeron berperan dalam memberikan efek antibakteri melalui mekanisme perusakan membran sel dan penghambatan sintesis protein bakteri (Dianawati & Zalfhira, 2023; Diantari & Astuti, 2023; Nugraha *et al.*, 2024; Sholikhati *et al.*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Alfaahrul, Hasanuddin, & Haerati (2023) menunjukkan bahwa ekstrak rimpang jahe merah memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* pada berbagai konsentrasi, mulai dari 20%, 40%, 60%, 80%, hingga 100%. Aktivitas antibakteri tertinggi diperoleh pada konsentrasi 100% dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar  $18,66 \pm 0,57$  mm. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Indriasari (2024), yang menemukan bahwa ekstrak jahe merah mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella* sp. pada konsentrasi 50%, 70%, dan 90%, dengan hambatan terbesar pada konsentrasi 90% dengan rata-rata 12,62 mm (Alfaahrul *et al.*, 2023; Indriasari, 2024).

Selain penelitian dengan ekstrak tunggal, beberapa penelitian terdahulu juga telah melaporkan efektivitas kombinasi dua ekstrak tanaman dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Wandira, Sari, & Artini (2022) melaporkan bahwa kombinasi ekstrak daun kelor dan daun katuk menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan masing-masing ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh penelitian Salsabilla, Septiani, & Wardani (2023), yang melaporkan bahwa kombinasi ekstrak etanol bunga rosella dan bunga cengkeh mampu memberikan diameter hambat lebih luas dibandingkan penggunaan ekstrak secara tunggal (Salsabilla *et al.*, 2023; Wandira *et al.*, 2022).

Tanaman herbal sering digunakan dalam bentuk kombinasi karena diyakini dapat meningkatkan efektivitas pengobatan. Kombinasi antibakteri merupakan perpaduan dua atau lebih senyawa yang dapat saling memengaruhi kinerjanya dan menghasilkan interaksi yang bersifat sinergis, aditif, atau antagonis. Efek sinergis terjadi ketika dua senyawa yang digunakan bersama menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih besar dibandingkan penggunaan tunggal. Sinergi antar senyawa aktif juga berperan dalam meningkatkan efektivitas penyembuhan, menurunkan risiko toksisitas senyawa tunggal, serta membantu mencegah resistensi

terhadap obat. Oleh karena itu, penggabungan antibakteri yang berasal dari bahan alam berpotensi memberikan efek sinergis yang mampu meningkatkan daya hambat terhadap bakteri dengan efek samping yang lebih rendah (Fajrina *et al.*, 2023; Rijal & Asri, 2024; Rindengan *et al.*, 2025; Yunilawati *et al.*, 2021).

Berdasarkan hal tersebut, kombinasi ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dipilih dalam penelitian ini karena keduanya telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi* dan diharapkan dapat menghasilkan efek yang lebih besar dibandingkan ekstrak tunggal. Hingga saat ini, penelitian mengenai pemanfaatan tanaman herbal sebagai terapi tambahan untuk demam tifoid masih terus dikembangkan. Namun, kajian mengenai efektivitas kombinasi ekstrak daun kelor dan jahe merah terhadap *Salmonella typhi* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah dalam menghambat pertumbuhan *S. typhi*, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan alternatif terapi berbahan alam yang berpotensi lebih efektif dan memiliki efek samping minimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) memiliki potensi aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*?
2. Apakah zona hambat yang dihasilkan kombinasi ekstrak lebih besar dibandingkan dengan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Mengetahui aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) terhadap *Salmonella typhi* secara *in vitro*.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Mengetahui aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*).
2. Membandingkan zona hambat kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) dengan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

#### **1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengalaman melakukan penelitian laboratorium mikrobiologi, khususnya mengenai aktivitas antibakteri bahan alam.

#### **1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat**

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai potensi daun kelor dan rimpang jahe sebagai bahan alami yang memiliki aktivitas antibakteri.
2. Dapat menjadi sumber pengetahuan awal mengenai kemungkinan pemanfaatan kombinasi tanaman herbal sebagai alternatif pendukung dalam pencegahan atau penanganan penyakit infeksi bakteri.

### **1.4.3 Manfaat Bagi Institusi**

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan penelitian berbasis potensi lokal yang dapat dikembangkan lebih lanjut.
2. Menjadi bahan literatur bagi penelitian selanjutnya yang tertarik melakukan penelitian sejenis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Salmonella typhi***

##### **2.1.1 Deksripsi**

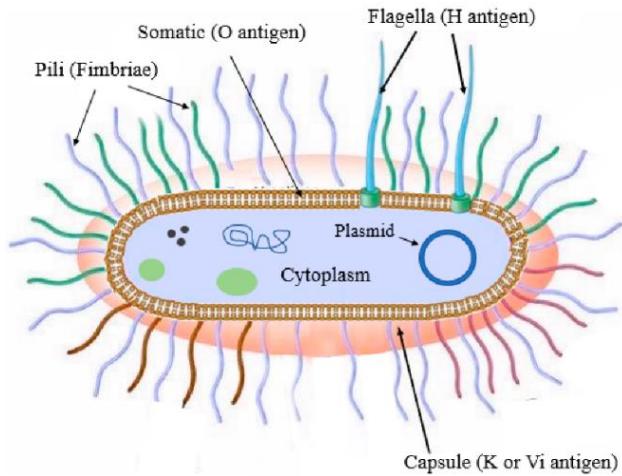
*Salmonella typhi* atau dapat disebut juga *Salmonella choleraes* serovar *typhi*, *Salmonella* serovar *typhi*, *Salmonella enterica* serovar *typhi* merupakan strain bakteri yang menyebabkan penyakit demam tifoid. Demam tifoid merupakan penyakit infeksi serius dan penyakit endemis yang masih menjadi masalah kesehatan global termasuk di Indonesia dan negara-negara Asia Tenggara seperti Malaysia dan Thailand (Imara, 2020).

**Tabel 2. 1** Taksonomi *Salmonella typhi*

<b>Klasifikasi</b>	<b>Nama</b>
Kingdom	<i>Bacteria</i>
Filum	<i>Proteobacteria</i>
Kelas	<i>Gammaprotobacteria</i>
Ordo	<i>Enterobacteriales</i>
Famili	<i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	<i>Salmonella</i>
Spesies	<i>Salmonella typhi</i>

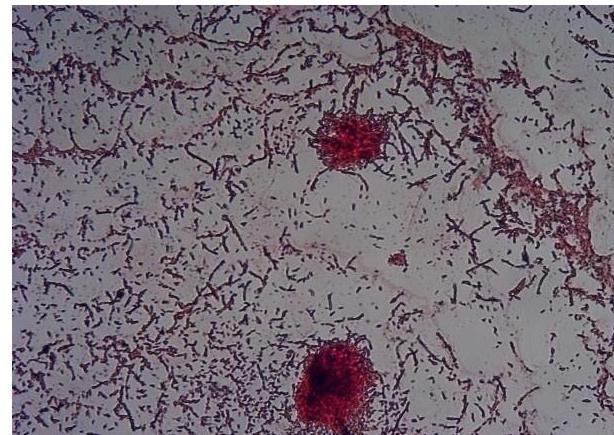
Sumber: Imara (2020) Hal 2

### 2.1.2 Morfologi



**Gambar 2. 1** Morfologi *Salmonella typhi*

Sumber: Teklemariam *et al* (2023)



**Gambar 2. 2** Bakteri *Salmonella typhi* dengan Perbesaran 100x

Sumber: Nissa *et al* (2023)

*Salmonella typhi* merupakan bakteri gram negatif non-spora, motil dengan flagela peritrik, serta bersifat intraseluler fakultatif dan anaerob fakultatif. Berdasarkan Skema Kauffmann-White, *S. typhi* diklasifikasikan ke dalam serovar berdasarkan variasi antigenik, meliputi antigen somatik (O), kapsuler (Vi), dan flagelar (H).

Spesifisitas antigen O ditentukan oleh komposisi dan struktur polisakarida, yang dapat mengalami modifikasi melalui proses lisogenik oleh bakteriofag. Subdivisi lebih lanjut dari serovar *S. typhi* dapat dilakukan berdasarkan biovar, yaitu kemampuan fermentasi terhadap xylosa, sehingga dikenal tipe *S. typhi* xylosa-positif dan xylosa-negatif (Imara, 2020).

*Salmonella typhi* merupakan bakteri yang dapat tumbuh baik dalam kondisi aerob maupun anaerob fakultatif. Rentang suhu pertumbuhannya berada antara 15 hingga 41°C, dengan suhu optimum sekitar 37,5°C. Bakteri ini tumbuh optimal pada pH antara 6 hingga 8. *Salmonella typhi* dapat diinaktivasi pada suhu 56°C serta tidak tahan terhadap kondisi kering. Di dalam air, bakteri ini mampu bertahan hingga 4 minggu. Pertumbuhannya subur pada media yang mengandung garam empedu, serta memiliki ketahanan terhadap zat warna hijau brilian, *natrium tetrathonat*, dan *natrium deoksikolat* (Putri *et al.*, 2023)

*Salmonella typhi* memiliki kemampuan bertahan hidup selama beberapa bulan hingga satu tahun ketika berada dalam media seperti tinja, mentega, susu, keju, dan air beku. Bakteri ini merupakan parasit intraseluler fakultatif yang dapat bertahan dan berkembang biak di dalam makrofag. Manifestasi klinis berupa gejala gastrointestinal umumnya muncul pada tahap akhir penyakit, setelah melalui fase demam berkepanjangan, bakteremia, dan akhirnya kolonisasi pada jaringan limfoid submukosa usus halus (Imara, 2020).

### 2.1.3 Patogenesis

*Salmonella typhi* dapat menyebabkan infeksi aktif pada manusia apabila jumlah bakteri yang masuk lebih dari 10.000 sel. Namun, jumlah ini bisa berubah tergantung pada kondisi tubuh seseorang dan lingkungan. Bakteri ini dapat merusak dinding usus dengan

memanfaatkan celah antar sel usus, sehingga mempermudah mereka untuk masuk ke dalam jaringan usus. Penelitian menunjukkan bahwa invasi *S. typhi* dapat meningkatkan permeabilitas dinding usus (Khan & Shamim, 2022)

Selain itu, ada juga penelitian yang menunjukkan bahwa infeksi bisa terjadi meskipun jumlah bakteri yang masuk lebih sedikit. Bakteri ini sering masuk melalui lapisan mukosa usus dengan bantuan sel M, dan dapat menyebabkan bakteremia meskipun tanpa gejala yang jelas. Hal ini membuat infeksi oleh *S. Typhi* berbeda dari infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella* non-tifoid, karena respon imun tubuh pada awalnya tidak begitu kuat (Khan & Shamim, 2022).

Kemampuan *S. typhi* untuk menembus lapisan usus sangat berkaitan dengan kemampuannya untuk menyerang sel-sel yang bukan fagosit melalui sistem sekresi tipe III (T3SS), atau yang lebih dikenal dengan T3SS-1. Ketika *Salmonella* mencapai usus halus, ekspresi SPI-1 (*Salmonella Pathogenicity Island-1*) diaktifkan oleh beberapa faktor seperti kadar osmolalitas dan zat besi yang tinggi, pH netral, serta kadar oksigen yang rendah. Sistem ini memungkinkan bakteri menyuntikkan protein ke dalam sel tubuh, yang kemudian mengubah struktur sel dan memudahkan bakteri masuk ke dalamnya. Proses ini disebut *trigger mechanism* dan sangat tergantung pada kondisi sel inang. Setelah infeksi terjadi, masa inkubasi tidak selalu menunjukkan gejala langsung (Khan & Shamim, 2022).

*Salmonella typhi* masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi. Setelah melewati lambung, bakteri ini mencapai usus dan menempel pada sel epitel. Tingkat keasaman lambung merupakan penghalang utama bagi kolonisasi *Salmonella*. Kondisi yang menurunkan keasaman lambung atau gangguan usus akan meningkatkan risiko infeksi. *Salmonella* memiliki mekanisme adaptasi terhadap lingkungan asam, yang

membantu bakteri bertahan hidup dan mencapai usus halus (Khan & Shamim, 2022).

*Salmonella* harus menempel terlebih dahulu pada permukaan sel tubuh sebelum menginfeksi. Proses ini melibatkan interaksi antara molekul adhesin bakteri dan reseptor tubuh. Interaksi ini diduga dipengaruhi oleh keberadaan fimbriae pada permukaan bakteri. *S. typhi* memiliki sekitar 12 jenis operon fimbriae, meskipun tidak ada yang secara khusus unik bagi bakteri ini. Keanekaragaman ini mungkin terjadi karena pengaruh seleksi dari tubuh inang (Khan & Shamim, 2022).

Salah satu jenis pili, yaitu tipe IV-B, berperan dalam membantu *S. typhi* menempel pada sel-sel usus. Setelah menempel, bakteri akan masuk ke dalam sel melalui proses endositosis, yang menyebabkan perubahan pada struktur sel dan membran. Pada lingkungan yang menyerupai usus manusia, banyak spesies *Salmonella* yang memiliki kemampuan menempel dengan baik juga mampu menginvasi sel tubuh. Proses ini sebagian besar diatur oleh SPI-1 dan protein efektor lainnya yang dihasilkan oleh bakteri (Khan & Shamim, 2022).

*Salmonella typhi* mampu menyebabkan infeksi sistemik pada manusia. Infeksi ini biasanya akan memicu respons imun tubuh di saluran usus, terutama dengan hadirnya neutrofil. Selain itu, tubuh akan menghasilkan interleukin-8 (IL-8) dan zat kimia lainnya yang menarik neutrofil ke lokasi infeksi. Jika neutrofil tidak dapat mencapai lokasi infeksi, maka *S. Typhi* dapat menyebar lebih luas dan menyebabkan infeksi yang lebih serius. Meskipun sebelumnya belum banyak bukti, diketahui bahwa *S. Typhi* juga dapat merangsang produksi interleukin-6 (IL-6) oleh sel epitel usus (Khan & Shamim, 2022).

#### **2.1.4 Terapi Farmakologi**

*Salmonella typhi* merupakan bakteri penyebab utama penyakit demam tifoid. Pada awalnya, pengobatan demam tifoid mengandalkan antibiotik kloramfenikol sebagai terapi lini pertama. Namun, sejak tahun 1990-an, mulai dilaporkan kasus resistensi *S. typhi* terhadap kloramfenikol, yang menyebabkan efektivitas terapi menurun secara signifikan. Saat ini, pengobatan demam tifoid beralih pada penggunaan antibiotik golongan fluorokuinolon, yang terbukti lebih cepat dan lebih efektif dalam menurunkan jumlah bakteri *S. typhi* dalam feses dibandingkan dengan kloramfenikol maupun trimetoprim-sulfametoksazol (Levani & Prastyo, 2020).

Selain golongan fluorokuinolon, antibiotik dari golongan sefalosporin generasi ketiga seperti seftriakson, sefiksim, dan sefo-perazon, serta antibiotik azitromisin juga telah terbukti efektif dalam mengatasi infeksi *S. typhi*. Meskipun demikian, penggunaan antibiotik lini pertama seperti kloramfenikol, amoksisilin, dan trimetoprim-sulfametoksazol masih dapat dipertimbangkan pada wilayah dengan tingkat resistensi yang rendah atau ketika akses terhadap fluorokuinolon terbatas. Namun, dengan meningkatnya angka resistensi terhadap antibiotik lini pertama tersebut, World Health Organization (WHO) saat ini merekomendasikan penggunaan azitromisin, siprofloksasin, atau seftriakson sebagai pilihan terapi dalam pengobatan demam tifoid (Kuehn *et al.*, 2022; Levani & Prastyo, 2020)

#### **2.2 Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)**

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang banyak tumbuh di daerah tropis dan dikenal masyarakat sebagai sayuran dan obat tradisional. Tanaman ini berasal dari Kawasan Himalaya dan India yang kemudian menyebar ke daerah sekitarnya sampai ke Benua Afrika hingga ke Asia barat, termasuk Indonesia. Tanaman kelor memiliki manfaat mulai

dari daun, buah, biji, bunga, kulit, batang, hingga akarnya. Terdapat beberapa penelitian yang membuktikan bahwa *Moringa oleifera* memiliki kandungan senyawa yang dapat berpotensi sebagai obat dan memiliki bioaktivitas. Bioaktivitas tersebut merupakan aktivitas sebagai antiinflamasi, antifungi, antibiotik, antikanker, dan antioksidan (Apriantini *et al.*, 2022).

**Tabel 2. 2** Taksonomi Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Klasifikasi	Nama
Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	<i>Angiospermae</i>
Kelas	<i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	<i>Brasicales</i>
Famili	<i>Moringaceae</i>
Genus	<i>Moringa</i>
Spesies	<i>Moringa oleifera</i> Lamk

Sumber: Apriantini *et al* (2022) Hal 2

### 2.2.1 Morfologi Tanaman Kelor



**Gambar 2. 3** Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Sumber: Amiruddin *et al* (2024)

Tanaman kelor merupakan tumbuhan berupa pohon berkayu lunak dengan diameter batang mencapai sekitar 30 cm. Daunnya tersusun secara majemuk menyirip tidak sempurna, berukuran kecil, dan berbentuk seperti telur dengan ukuran menyerupai ujung jari. Helaian anak daun berwarna hijau hingga hijau kecokelatan, berbentuk bundar telur atau bundar telur terbalik, dengan panjang sekitar 1–3 cm dan lebar antara 4 mm hingga 1 cm. Ujung daun bersifat tumpul, pangkal daun membulat, serta tepi daun rata (Marhaeni, 2021).

Akar tanaman kelor memiliki kulit yang berasa dan beraroma tajam serta pedas. Bagian dalam akar berwarna kuning pucat dengan garis-garis halus yang terlihat jelas secara melintang. Struktur akar tidak terlalu keras, berbentuk tidak beraturan, dengan permukaan luar kulit yang agak licin dan permukaan dalam yang berserat. Bagian kayu akar berwarna cokelat muda atau krem dengan tekstur berserat dan sebagian besar bagian tersebut terpisah (Marhaeni, 2021).

Bunga tanaman kelor bervariasi tergantung pada spesiesnya. Beberapa spesies menghasilkan bunga berwarna putih, putih kekuningan (krem), atau merah. Tudung pelepas bunga berwarna hijau dan mengeluarkan aroma harum yang khas. Di Indonesia, bunga kelor umumnya berwarna putih kekuningan (Marhaeni, 2021).

### **2.2.2 Kandungan Fitokimia Tanaman Kelor**

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman yang kaya akan senyawa bioaktif yang tersebar di seluruh bagiannya. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa setiap bagian tanaman kelor memiliki kandungan senyawa kimia yang berbeda, yang berkontribusi terhadap aktivitas farmakologisnya. Bagian biji kelor mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, dan saponin, sedangkan tangkai daunnya mengandung alkaloid, saponin, dan tanin. Bagian kulit batang tanaman kelor hanya mengandung senyawa flavonoid. Sementara itu, daun kelor diketahui mengandung senyawa tanin, steroid, terpenoid,

flavonoid, saponin, dan alkaloid yang berperan sebagai antibakteri (Fauziah *et al.*, 2023; Isyraqi *et al.*, 2020; Vinca *et al.*, 2023).

### 2.2.2.1 Tanin

Tanin, yang juga dikenal sebagai asam tanat, merupakan senyawa polifenol yang larut dalam air dan banyak ditemukan pada berbagai jenis tumbuhan. Tanin termasuk ke dalam golongan proantosianidin oligomerik maupun polimerik yang tersusun atas unit katekin (flavan-3-ol). Sebagai senyawa fenolik, tanin mampu bereaksi dengan protein serta senyawa organik lain yang mengandung asam amino dan alkaloid, sehingga dapat membentuk endapan (Khairi *et al.*, 2025; Rivai, 2020).

Tanin dapat terhidrolisis oleh asam atau enzim tertentu dan menghasilkan asam galat, yang jika bereaksi dengan FeCl<sub>3</sub> akan memberikan warna biru kehitaman. Secara biologis, tanin berperan sebagai antibakteri dengan cara menghambat kerja enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase, sehingga mengganggu pembentukan sel bakteri. Selain itu, tanin dikenal sebagai antioksidan alami yang larut dalam air, dengan berat molekul berkisar antara 500–3000 g/mol (Rachmawati & Suriawati, 2019; Rivai, 2020).

Kemampuan tanin untuk mengendapkan protein dan alkaloid tidak hanya mendukung aktivitas antibakterinya, tetapi juga memperkuat sifat antioksidatif pada tanaman. Pada *Moringa oleifera*, keberadaan tanin telah dilaporkan memberikan kontribusi terhadap berbagai aktivitas biologis, antara lain sebagai antikanker, antimikroba, serta antihepatotoksik (Rivai, 2020).

#### 2.2.2.2 Steroid

Steroid bekerja sebagai antibakteri dengan cara merusak membran lipid sehingga terjadi kebocoran pada liposom. Senyawa ini juga dapat berinteraksi dengan membran fosfolipid, dan karena sifatnya yang mudah berpenetrasi terhadap senyawa lipofilik, integritas membran menjadi menurun. Sehingga menyebabkan struktur membran sel terganggu yang membuat sel menjadi rapuh dan mengalami lisis. *Moringa oleifera* diketahui mengandung senyawa fitosterol yang termasuk dalam golongan steroid, dengan  $\beta$ -Sitosterol yang paling dominan (Saini *et al.*, 2022; Salehi *et al.*, 2021; Vinca *et al.*, 2023).

#### 2.2.2.3 Terpenoid

Terpenoid bekerja dengan cara bereaksi dengan porin, yaitu protein transmembran pada dinding sel bakteri, sehingga terbentuk ikatan polimer yang kuat dan merusak porin tersebut. Kerusakan porin menyebabkan permeabilitas dinding sel menurun, sehingga bakteri mengalami kekurangan nutrisi yang akhirnya menghambat pertumbuhan atau menyebabkan kematian sel bakteri. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Paat *et al* (2024) didapatkan bahwa phytol merupakan senyawa terpenoid yang paling dominan pada daun kelor (Paat *et al.*, 2024; Vinca *et al.*, 2023).

#### 2.2.2.4 Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang memiliki kelarutan tinggi dalam pelarut polar seperti air, etanol, metanol, maupun aseton. Sifat polar tersebut ditentukan oleh adanya gugus gula pada strukturnya. Flavonoid dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis penting, di antaranya sebagai penangkap radikal bebas, antiinflamasi, antijamur, antibakteri, bahkan bersifat sitotoksik terhadap sel kanker (Rachmawati & Suriawati, 2019).

Secara kimiawi, flavonoid memiliki kerangka dasar yang terdiri atas lima belas atom karbon dengan dua cincin benzena yang dihubungkan oleh cincin piran heterosiklik. Berdasarkan variasi strukturnya, flavonoid dapat dikelompokkan ke dalam beberapa golongan, seperti flavon (contoh: apigenin, luteolin), flavonol (contoh: kuersetin, kaempferol), flavanon (contoh: hesperetin, naringenin), serta golongan lainnya (Rivai, 2020).

Flavonoid utama yang teridentifikasi pada daun kelor antara lain kuersetin, kaempferol, apigenin, luteolin, dan glikosida mirisetin. Kandungan flavonoid pada daun kelor didominasi oleh kuersetin. Senyawa kuersetin merupakan flavonol dengan aktivitas antioksidan yang sangat kuat dan banyak terkandung dalam daun kelor. Kuersetin memiliki nama IUPAC 3,3',4',5,7-pentahydroxyflavanone, rumus molekul C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>, dan titik lebur 310 °C yang membuatnya cukup stabil terhadap pemanasan. Aktivitas biologis kuersetin cukup luas, meliputi sifat antioksidan, antiinflamasi, antivirus, antibakteri, antikarsinogenik, hepatoprotektif, hingga antiplatelet (Kashyap *et al.*, 2022; Satriyani, 2021).

Mekanisme kerja flavonoid sebagai antibakteri terjadi melalui peningkatan permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom akibat interaksinya dengan DNA bakteri. Proses ini mengakibatkan kerusakan membran, kebocoran isi sel, serta pelarutan protein ekstraseluler, sehingga pada akhirnya sel bakteri kehilangan kestabilannya dan mengalami kematian (Isyraqi *et al.*, 2020).

#### **2.2.2.5 Saponin**

Saponin adalah senyawa glikosida yang berfungsi menyimpan karbohidrat dan juga memiliki kemampuan sebagai antimikroba. Cara kerjanya dalam menghambat bakteri yaitu

dengan menurunkan tegangan permukaan dinding sel, sehingga membran sel menjadi lebih permeabel dan zat di dalam sel bisa keluar. Saponin memiliki sifat amfifilik, artinya punya dua sifat sekaligus, yaitu bagian polar yang larut dalam air, dan bagian non-polar berupa aglikon (sapogenin) yang bersifat hidrofob. Karena sifat inilah saponin dapat menurunkan tegangan permukaan air dan menghasilkan busa saat larutannya dikocok, mirip seperti surfaktan. Hal ini disebabkan adanya gugus mirip sabun yang dapat memutus ikatan hidrogen pada air (Isyraqi *et al.*, 2020; P. Putri *et al.*, 2023; Rachmawati & Suriawati, 2019).

Secara struktur, saponin tersusun atas dua komponen utama, yaitu glikon dan aglikon. Glikon merupakan bagian gula seperti glukosa atau fruktosa, sedangkan aglikon berupa sapogenin yang bisa berbentuk steroid maupun triterpenoid. Pada umumnya ikatan glikosil berada di posisi C3, tetapi ada juga saponin yang memiliki tambahan rantai gula pada posisi C3 dan C17. Struktur ini membuat saponin bersifat seperti sabun atau deterjen, sehingga sering disebut sebagai surfaktan alami (Putri *et al.*, 2023).

Selain berperan sebagai antimikroba, saponin juga diketahui memiliki berbagai aktivitas biologis dan efek farmakologis yang penting. Senyawa ini dilaporkan bermanfaat sebagai antikolesterolemia, antiinflamasi, antiparasit, antibakteri, hingga antivirus. Bahkan, saponin juga berpotensi digunakan sebagai agen antitumor karena mampu memicu kematian sel tumor melalui beberapa jalur pensinyalan, antara lain dengan mengaktifkan reseptor kematian, menargetkan mitokondria, serta memicu terjadinya stres oksidatif (Rivai, 2020).

Sebagai antibakteri, saponin bekerja dengan cara mendenaturasi protein dan merusak membran sel. Sifatnya yang mirip deterjen membuat tegangan permukaan menurun dan membran bakteri menjadi tidak stabil. Akibatnya, terjadi kebocoran sitoplasma sehingga isi sel keluar dan bakteri kehilangan kemampuannya untuk bertahan hidup hingga akhirnya mati (Putri *et al.*, 2023).

#### 2.2.2.6 Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder yang sifatnya basa karena memiliki atom nitrogen aktif di dalam cincin heterosiklik. Senyawa ini sangat beragam bentuk strukturnya dan punya banyak aktivitas biologis. Ciri khas alkaloid adalah adanya atom nitrogen yang membuatnya bersifat seperti alkali (Khairi *et al.*, 2025; Rivai, 2020).

Pada tumbuhan, alkaloid banyak dimanfaatkan, salah satunya sebagai bahan dasar obat. Mekanisme kerjanya sebagai antibakteri yaitu dengan mengganggu pembentukan peptidoglikan pada dinding sel bakteri. Jika dinding sel tidak terbentuk sempurna, maka bakteri akan kehilangan perlindungan dan akhirnya mati. Pada daun kelor, jenis alkaloid yang ditemukan yaitu N, $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl vincosamide, phenylacetonitrilepyrrolemarumine, 40-hydroxyphenylethanamide- $\alpha$ -L-rhamnopyranoside, dan turunannya dalam bentuk glukopiranosil, dengan N, $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl vincosamide yang paling dominan (Chiş *et al.*, 2024; Isyraqi *et al.*, 2020; Kashyap *et al.*, 2022; Rivai, 2020).

### 2.2.3 Potensi Antimikroba Ekstrak Daun Kelor Terhadap *Salmonella typhi*

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi potensi tanaman kelor, khususnya ekstrak daun kelor, dalam melawan bakteri patogen, termasuk *Salmonella typhi*. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Nasution *et al.* (2023), yang menguji potensi ekstrak daun kelor dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* menggunakan metode *disk diffusion* (Nasution *et al.*, 2023).

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian dengan lima konsentrasi ekstrak daun kelor, yaitu 15%, 30%, 45%, 60%, dan 75%, dengan menggunakan kloramfenikol sebagai kontrol positif dan aquabidest sebagai kontrol negatif. Masing-masing perlakuan diuji sebanyak tiga kali ulangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *disk diffusion*, dimana kertas cakram yang telah ditetesi dengan ekstrak daun kelor pada masing-masing konsentrasi diletakkan pada cawan petri yang telah diinokulasi dengan bakteri *Salmonella typhi*. Kemudian, cawan petri tersebut diinkubasi selama 36-48 jam untuk memungkinkan pertumbuhan bakteri dan pembentukan zona hambat (Nasution *et al.*, 2023).

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada konsentrasi 5%, tidak terbentuk zona hambat, dengan rata-rata zona hambat 0 mm. Pada konsentrasi 10%, zona hambat yang terbentuk memiliki rata-rata 5.58 mm, dan pada konsentrasi 15%, zona hambat rata-rata mencapai 10.7 mm, yang merupakan zona hambat terbesar. Selain itu, kontrol positif yang menggunakan kloramfenikol menghasilkan zona hambat rata-rata 29.4 mm, sementara pada kontrol negatif (aquabidest) tidak terbentuk zona hambat sama sekali. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki potensi sebagai antimikroba terhadap *Salmonella typhi*, dengan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi menghasilkan zona hambat yang lebih besar (Nasution *et al.*, 2023).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Saputri, Lestari, & Jayati (2025) juga mengevaluasi aktivitas antibakteri sari pati daun kelor terhadap *Salmonella typhi* dengan metode *disk diffusion*. Pada penelitian ini digunakan variasi dosis daun kelor sebanyak 50 gram, 60 gram, 70 gram, dan 80 gram yang masing-masing dilarutkan dalam 10 ml akuades, dengan kloramfenikol sebagai kontrol positif. Pengujian dilakukan menggunakan kertas cakram berdiameter 5,5 mm yang telah direndam dalam ekstrak, kemudian diletakkan di atas media *Nutrient Agar* (NA) yang telah diinokulasi bakteri, dan selanjutnya diinkubasi selama 24 jam. Aktivitas antibakteri ditentukan berdasarkan pengukuran diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram (Saputri *et al.*, 2025).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontrol positif menghasilkan diameter zona hambat sebesar 26,42 mm. Pada perlakuan dengan dosis 50 gram daun kelor diperoleh zona hambat sebesar 10,26 mm, dosis 60 gram sebesar 12,78 mm, dosis 70 gram sebesar 14,78 mm, dan dosis 80 gram sebesar 20,4 mm. Analisis statistik menggunakan uji Kruskal-Wallis menghasilkan nilai signifikansi 0,00, yang menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antar perlakuan. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa sari pati daun kelor memiliki potensi sebagai antibakteri terhadap *S. typhi*, yang ditunjukkan melalui terbentuknya zona hambat pada berbagai konsentrasi ekstrak (Saputri *et al.*, 2025).

### **2.3 Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale var. rubrum*)**

Jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) merupakan salah satu tanaman obat yang termasuk dalam famili Zingiberaceae dan tumbuh dalam bentuk rumpun dengan batang semu. Tanaman ini pertama kali dibudidayakan di kawasan Asia, khususnya Indonesia dan Malaysia, namun saat ini telah banyak dibudidayakan pula di berbagai negara tropis lainnya seperti Afrika dan India. Bagian rimpangnya memiliki banyak manfaat, antara lain

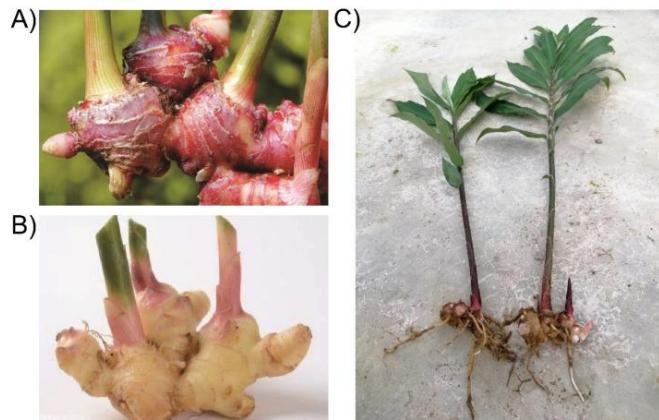
digunakan sebagai bumbu dan penyedap makanan, sekaligus dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional (Sholikhati *et al.*, 2023).

**Tabel 2. 3** Taksonomi Jahe Merah (*Zingiber officinale var. rubrum*)

Klasifikasi	Nama
Kingdom	Plantae
Divisi	Spermatophyta
Subdivisi	Angiospermae
Kelas	Monocotyledonae
Ordo	Zingiberales
Famili	Zingiberaceae
Genus	<i>Zingiber</i>
Spesies	<i>Zingiber officinale</i>
Varietas	<i>Zingiber officinale var. rubrum</i>

Sumber: Sholikhati *et al* (2023) Hal 84

### 2.3.1 Morfologi Tanaman Jahe Merah



**Gambar 2. 4** Jahe Merah (*Zingiber officinale var. rubrum*)

Keterangan: A) Jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*), B) Jahe, C) Seluruh tanaman jahe merah

Sumber: Zhang *et al* (2022)

Jahe merah merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh dengan tinggi sekitar 50–100 cm. Daunnya berbentuk lanset berwarna hijau dengan ukuran panjang 5–25 cm dan lebar 1,5–2 cm, memiliki ujung runcing serta menempel pada batang melalui selubung panjang,

tersusun rapi dalam dua baris yang saling berlawanan. Batangnya tumbuh tegak, pipih, dan tidak bercabang. Bunga jahe merah berbentuk majemuk dengan bentuk oval seperti telur, memiliki panjang tangkai dan batang sekitar 10–25 cm. Mahkota bunga berwarna ungu dengan ukuran 2–2,5 cm, sedangkan kelopaknya berbentuk tabung kecil dengan gerigi tiga (Sholikhati *et al.*, 2023).

Bagian rimpang jahe merah berwarna cokelat kemerahan dengan kulit luar berwarna merah, bertekstur tebal, dan berfungsi sebagai organ penyimpanan cadangan makanan. Sistem perakarannya berupa akar tunggal yang semakin membesar seiring pertambahan usia tanaman, membentuk rimpang baru serta tunas yang akan berkembang menjadi tanaman berikutnya. Akar tumbuh dari bagian bawah rimpang, sedangkan tunas tumbuh dari bagian atas rimpang (Sholikhati *et al.*, 2023).

### 2.3.2 Kandungan Fitokimia Tanaman Jahe Merah

Jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) diketahui memiliki beragam aktivitas biologis dan farmakologis. Dalam pengobatan tradisional, tanaman ini banyak dimanfaatkan untuk mengatasi berbagai keluhan seperti sakit kepala, infeksi, nyeri perut, muntah, hingga sebagai terapi pendukung pada penyakit kanker. Jahe merah mengandung berbagai senyawa metabolik sekunder berupa senyawa terpenoid sebagai komponen utama minyak atsiri, flavonoid, komponen polifenol seperti asam fenolat, gingerol, paradol, dan shogaol, serta alkaloid dan saponin yang bersifat sebagai antibakteri (Azzahra *et al.*, 2025; Dianawati & Zalfhira, 2023; Isramilda *et al.*, 2024; Rahma *et al.*, 2025).

Sebagai salah satu tanaman obat, jahe merah tidak hanya digunakan dalam praktik pengobatan tradisional, tetapi juga sering dijadikan bahan utama dalam pembuatan jamu. Dibandingkan jenis lainnya jahe merah memiliki kandungan gingerol dan shogaol yang lebih tinggi,

sehingga sejak lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Keunggulan kandungan ini menjadikan jahe merah memiliki aktivitas biologis yang luas, antara lain sebagai imunomodulator, antivirus, antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, dan antikanker (Azzahra *et al.*, 2025; Sholikhati *et al.*, 2023).

### 2.3.2.1 Terpenoid

Terpenoid merupakan salah satu komponen minyak atsiri. Terpenoid memiliki aktivitas antibakteri dengan cara berinteraksi dengan protein transmembran pada membran luar dinding sel bakteri. Interaksi ini membentuk ikatan polimer yang kuat, sehingga protein transmembran mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut mengganggu pasokan nutrisi bagi bakteri, yang akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri (Isramilda *et al.*, 2024).

Senyawa terpenoid yang terkandung dalam jahe merah meliputi  $\beta$ -bisabolene,  $\alpha$ -curcumene, zingiberene,  $\alpha$ -farnesene, dan  $\beta$ -sesquiphellandrene. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nur *et al* (2020) didapatkan bahwa zingiberene merupakan senyawa terpenoid yang paling dominan. Zingiberene diketahui memiliki beragam aktivitas biologis, antara lain sebagai antioksidan alami, antibakteri, antivirus, antikanker, antiulkus, antipiretik, serta memiliki efek antifertilitas (Mao *et al.*, 2019; Mierza *et al.*, 2023; Nur *et al.*, 2020).

### 2.3.2.2 Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa turunan fenol yang memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri, jamur, dan virus. Senyawa ini dapat mengganggu respirasi bakteri dengan cara menghambat pemanfaatan oksigen, yang merupakan komponen penting dalam produksi

energi, sehingga proses metabolisme dan pertumbuhan bakteri menjadi terhambat (Azzahra *et al.*, 2025).

Mekanisme kerja flavonoid sebagai antibakteri terjadi melalui beberapa jalur. Flavonoid dapat merusak permeabilitas dinding sel bakteri, membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler maupun protein terlarut, serta berikatan dengan komponen dinding sel. Interaksi ini menyebabkan kerusakan membran sel dan diikuti dengan keluarnya senyawa intraseluler, sehingga akhirnya pertumbuhan bakteri terhambat dan sel mengalami gangguan fungsi. Flavonoid yang terdeteksi pada jahe merah antara lain kuersetin, kaempferol, catechin, epicatechin, dan rutin, dengan kuersetin sebagai senyawa yang paling dominan (Ghasemzadeh *et al.*, 2016; Isramilda *et al.*, 2024; Lukiaty *et al.*, 2020).

### 2.3.2.3 Fenol

Mekanisme kerja senyawa fenol sebagai antibakteri bergantung pada konsentrasi yang digunakan. Pada konsentrasi rendah, fenol dapat merusak membran sitoplasma dan menimbulkan kebocoran isi sel. Sementara pada konsentrasi tinggi, fenol berinteraksi dengan protein seluler dan menyebabkan koagulasi. Aktivitas ini terbukti paling efektif ketika bakteri berada dalam fase pembelahan, karena lapisan fosfolipid di sekitar sel berada dalam kondisi tipis sehingga fenol lebih mudah menembus dan merusak isi sel (Isramilda *et al.*, 2024).

Jahe merah diketahui mengandung senyawa fenolik utama seperti gingerol, paradol, dan shogaol. Kandungan gingerol dan shogaol pada jahe merah dilaporkan lebih tinggi dibandingkan jenis jahe lainnya. Pada jahe merah segar, berbagai jenis gingerol dan shogaol dapat ditemukan sebagai

komponen bioaktif yang berperan penting dalam aktivitas farmakologisnya. Pada jahe merah segar, ditemukan kandungan gingerol yang lebih dominan, seperti 6-gingerol, 8-gingerol, dan 10-gingerol (Mao *et al.*, 2019; Sholikhati *et al.*, 2023).

Salah satu turunan fenol yang banyak diteliti adalah gingerol. Senyawa ini mampu berinteraksi dengan sel bakteri melalui proses absorpsi yang melibatkan ikatan hidrogen. Pada konsentrasi rendah, gingerol akan membentuk kompleks fenol-protein yang bersifat lemah dan mudah terurai. Fenol bebas kemudian dapat menembus ke dalam sel, mengakibatkan presipitasi dan denaturasi protein. Jika konsentrasinya lebih tinggi, fenol dapat menyebabkan koagulasi protein sehingga membran sel mengalami lisis. (Tandanu & Rambe, 2020).

#### 2.3.2.4 Alkaloid

Alkaloid pada tumbuhan umumnya berbentuk garam yang berikatan dengan asam-asam organik, seperti asam suksinat, maleat, mekonat, dan kinar, sehingga larut dalam pelarut polar. Alkaloid merupakan senyawa yang mengandung nitrogen dalam sistem sikliknya dengan berbagai substituen, antara lain gugus amina, amida, fenol, dan metoksi, sehingga bersifat semipolar hingga polar. Pada pengujian menggunakan pereaksi Mayer, hasil positif ditandai dengan terbentuknya endapan putih kekuningan. Sebagai antibakteri, alkaloid bekerja dengan mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada dinding sel bakteri, sehingga sintesis peptidoglikan terhambat. Kondisi ini menyebabkan dinding sel tidak terbentuk secara sempurna, mengakibatkan sel bakteri lisis dan akhirnya mati (Purbaya *et al.*, 2018)

### 2.3.2.5 Saponin

Saponin merupakan salah satu senyawa fitokimia yang banyak terdapat pada tumbuhan dan memiliki kemampuan menghasilkan busa. Struktur saponin tersusun atas aglikon polisiklik yang terikat dengan satu atau lebih gugus gula. Karena sifatnya sebagai glikosida amfipatik, saponin akan membentuk busa yang stabil ketika larutan dikocok kuat dan busa tersebut tidak mudah hilang. Saponin termasuk dalam kelompok senyawa glikosida yang berperan sebagai cadangan karbohidrat pada tumbuhan. Aktivitas antimikroba saponin bekerja melalui mekanisme penurunan tegangan permukaan pada dinding sel bakteri, sehingga permeabilitas sel meningkat. Kondisi ini menyebabkan keluarnya berbagai komponen intraseluler dari dalam sel bakteri (Isyraqi *et al.*, 2020; Nurkhasanah & Dhurhania, 2023).

Selain itu, saponin diketahui mempunyai berbagai aktivitas biologis, antara lain bersifat antimikroba atau antibakteri, antijamur, dan antiinflamasi. Sifat ini membuat saponin berperan dalam membantu pengobatan beberapa penyakit seperti bisul, keputihan, sariawan, diare, dan disentri. Di samping itu, saponin juga memberikan rasa pahit pada tumbuhan (Nurkhasanah & Dhurhania, 2023).

### 2.3.3 Potensi Antimikroba Ekstrak Rimpang Jahe Merah Terhadap *Salmonella typhi*

Beberapa penelitian telah membahas penggunaan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) sebagai agen antibakteri, termasuk terhadap bakteri *Salmonella typhi*. Salah satunya dilakukan oleh Alfahrul *et al.* (2023), yang meneliti daya hambat ekstrak jahe merah terhadap pertumbuhan *S. typhi* menggunakan metode difusi cakram. Penelitian ini menggunakan berbagai konsentrasi ekstrak jahe merah,

yaitu 100%, 80%, 60%, 40%, dan 20%, dengan kloramfenikol sebagai kontrol positif dan DMSO (*Dimethyl sulfoxide*) sebagai kontrol negatif, masing-masing diulang tiga kali. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak jahe merah mampu membentuk zona hambat yang jelas. Rata-rata diameter zona hambat yang diperoleh adalah 18,66 mm pada konsentrasi 100%, 17.33 mm pada 80%, 15.66 mm pada 60%, 15 mm pada 40%, dan 13.83 mm pada 20%. Untuk kontrol positif, rata-rata zona hambat sebesar 25.83 mm, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan pertumbuhan bakteri. Hasil ini menegaskan kemampuan ekstrak jahe merah dalam menghambat pertumbuhan *S. typhi* (Alfahrul *et al.*, 2023).

Penelitian lain yang meneliti efektivitas ekstrak jahe merah terhadap bakteri *Salmonella* sp. yang dilakukan oleh Indriasari (2024) menggunakan metode difusi cakram menunjukkan hasil serupa. Dalam penelitian tersebut, konsentrasi ekstrak yang digunakan adalah 50%, 70%, dan 90%, dengan tetrasiklin sebagai kontrol positif dan DMSO sebagai kontrol negatif, masing-masing diulang lima kali. Hasil rata-rata zona hambat yang diperoleh adalah 8.20 mm pada konsentrasi 50%, 11.56 mm pada 70%, dan 11.17 mm pada 90%, sedangkan kontrol negatif sebesar 6 mm. Penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak jahe merah efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella* sp (Indriasari, 2024).

#### **2.4 Uji Aktivitas Antibakteri Secara *In vitro***

Metode pengujian aktivitas antibakteri dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu metode difusi dan metode dilusi. Metode difusi dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu metode silinder, metode difusi sumuran, dan metode difusi cakram. Sementara itu, metode dilusi mencakup dilusi cair (*broth dilution*) dan dilusi padat (*agar dilution*) (Khasanah & Nugraheni, 2021; Putri *et al.*, 2023).

## 2.4.1 Metode Difusi

### 2.4.1.1 Metode Difusi Sumuran

Difusi sumuran merupakan metode yang umum digunakan dalam uji kepekaan antimikroba untuk mengukur efektivitas bahan antimikroba terhadap mikroorganisme. Metode ini memiliki prinsip dasar mendeteksi kemampuan bahan antimikroba untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Metode difusi sumuran melibatkan pembuatan sumuran atau lubang kecil pada medium agar yang telah diinokulasi dengan mikroorganisme uji. Kemudian larutan bahan antimikroba diteteskan ke dalam sumuran tersebut. Setelah dilakukan inkubasi akan terbentuk zona inhibisi atau zona bebas dari pertumbuhan mikroorganisme di sekitar sumuran. Zona inhibisi tersebut diukur untuk menentukan aktivitas antimikroba dari bahan yang diuji. Pengujian aktivitas antibakteri dengan metode sumuran dapat menghasilkan zona hambat yang lebih luas. Prinsip metode sumuran adalah permukaan agar diinokulasi dengan inokulum mikroba, kemudian dibuat lubang dengan diameter 6-8 mm dengan menggunakan alat perforator. Jumlah dan letak lubang disesuaikan dengan keperluan penelitian, kemudian lubang tersebut diisi dengan sampel uji. Setelah itu dilakukan inkubasi dan dilihat zona hambat yang terbentuk disekitar lubang (Kasudaha *et al.*, 2024; Rahmah *et al.*, 2024).

### 2.4.1.2 Metode Difusi Cakram

Metode difusi cakram merupakan metode yang umum digunakan dalam uji kepekaan antimikroba untuk mengukur efektivitas bahan antimikroba terhadap mikroorganisme. Metode ini memiliki prinsip dasar yang mirip dengan metode difusi sumuran, yaitu mendeteksi kemampuan bahan antimikroba untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme,

namun dengan metode yang sedikit berbeda. Metode difusi cakram melibatkan peletakan cakram kertas yang telah diresapi dengan larutan bahan antimikroba pada permukaan medium agar yang diinokulasi dengan mikroorganisme uji. Bahan antimikroba akan berdifusi keluar dari cakram ke dalam agar. Setelah dilakukan inkubasi akan terbentuk zona inhibisi atau zona bebas dari pertumbuhan mikroorganisme di sekitar cakram. Zona inhibisi tersebut diukur untuk menentukan aktivitas antimikroba dari bahan yang diuji (Putri *et al.*, 2023).

#### **2.4.1.3 Metode Difusi Silinder**

Metode silinder dilakukan dengan meletakkan beberapa silinder kecil yang terbuat dari kaca atau logam tahan karat di atas media agar yang sudah ditanami bakteri. Setiap silinder dipasang tegak di atas media agar, kemudian diisi dengan larutan yang akan diuji. Setelah itu, media diinkubasi, lalu diamati apakah ada area jernih (daerah hambatan) di sekitar silinder yang menandakan pertumbuhan bakteri terhambat (R. Putri *et al.*, 2023).

#### **2.4.2 Metode Dilusi**

Metode dilusi merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menilai potensi suatu senyawa terhadap aktivitas mikroba dengan cara menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM). Metode ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu dilusi cair dan dilusi padat. Prinsip dasarnya adalah menambahkan substansi antimikroba pada kadar bertingkat ke dalam medium bakteriologis, baik berupa media padat maupun cair (Hasriyani *et al.*, 2021; Pareda *et al.*, 2020).

Dilusi cair digunakan untuk mengukur KHM, yaitu konsentrasi terendah senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba.

Pada metode ini, dilakukan seri pengenceran agen antimikroba dalam medium cair yang kemudian ditambahkan mikroba uji. Sedangkan dilusi padat digunakan untuk menentukan KBM, yaitu konsentrasi minimum yang mampu membunuh mikroba. Pada metode ini, mikroba uji diinokulasi ke dalam media agar yang telah mengandung agen antimikroba (Burhan *et al.*, 2022).

Keuntungan metode dilusi adalah kemampuan untuk menguji beberapa mikroba uji dengan satu konsentrasi agen antimikroba, sehingga lebih efisien. Selain itu, metode ini juga memberikan hasil kuantitatif yang menunjukkan jumlah senyawa atau obat tertentu yang diperlukan untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme yang diuji, sehingga dapat menilai efektivitas agen antimikroba secara lebih tepat (Burhan *et al.*, 2022; Hasriyani *et al.*, 2021).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu**

Judul	Bakteri Uji	Bahan Uji	Metode	Tahun	Hasil/Kesimpulan
Potensi Antimikroba Ekstrak Daun Kemangi dan Daun kelor Pada Bakteri <i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella typhi</i>	- Daun Kemangi - Daun Kelor	Metode cakram	difusi 2023	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 15% mampu menghambat pertumbuhan <i>Salmonella typhi</i> dengan rata-rata zona hambat sebesar 10,7 mm.
Antibakteri Sari Pati Tumbuhan Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) terhadap Zona Hambat Bakteri <i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella typhi</i>	Daun Kelor	Metode cakram	difusi 2025	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sari pati daun kelor dapat menghambat pertumbuhan <i>S. typhi</i> dengan diameter rata-rata zona hambat tertinggi berada pada dosis 80 gram sebesar 20,4 mm dan paling rendah pada dosis 50 gram sebesar 10,26 mm
Uji Daya Hambat Ekstrak Jahe (Zingiber officinale) terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella typhi</i>	Jahe Merah (Zingiber officinale var. <i>rubrum</i> )	Metode cakram	difusi 2023	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak rimpang jahe merah memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan <i>Salmonella typhi</i> pada berbagai konsentrasi, mulai dari 20%, 40%, 60%, 80%, hingga 100%. Aktivitas antibakteri tertinggi diperoleh pada konsentrasi 100% dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar $18,66 \pm 0,57$ mm.
Efektivitas Ekstrak Jahe Merah (Zingiber officinale var. <i>rubrum</i> rhizoma) terhadap Bakteri <i>Salmonella</i> sp. sebagai Antibakteri Secara In Vitro	<i>Salmonella</i> sp.	Jahe Merah (Zingiber officinale var. <i>rubrum</i> )	Metode cakram	difusi 2024	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak jahe merah mampu menghambat pertumbuhan <i>Salmonella</i> sp. pada konsentrasi 50%, 70%, dan 90%, dengan hambatan terbesar pada konsentrasi 90% yaitu rata-rata 12,62 mm

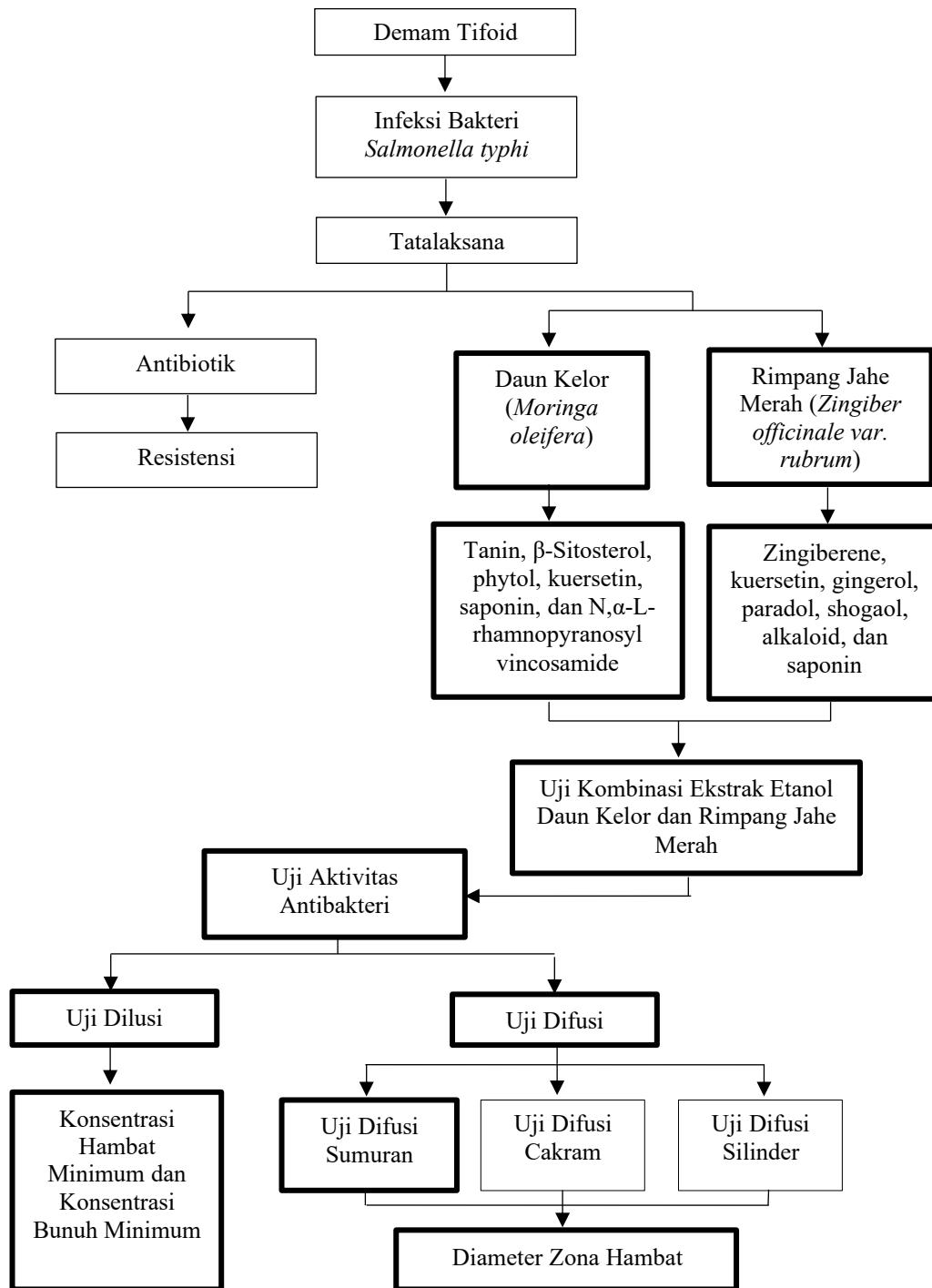
Judul	Bakteri Uji	Bahan Uji	Metode	Tahun	Hasil/Kesimpulan
Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam) dan Daun Katuk ( <i>Sauropolis androgynus</i> (L) Merr) terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	- Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam) - Daun Katuk ( <i>Sauropolis androgynus</i> (L) Merr)	Metode cakram	2022	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> Lam) dan daun katuk ( <i>Sauropolis androgynus</i> (L.) Merr) memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923. Zona hambat terbesar dihasilkan oleh ekstrak daun kelor konsentrasi 50% sebesar 12,29 mm dan daun katuk sebesar 11,81 mm. Kombinasi kedua ekstrak diuji pada konsentrasi terendah, yaitu 1,56%, karena pada konsentrasi tersebut masing-masing ekstrak sudah mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil kombinasi dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1 menunjukkan adanya aktivitas antibakteri dengan zona hambat tertinggi pada perbandingan 1:2 sebesar 7,80 mm. Kombinasi ekstrak ini juga menghasilkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama, meskipun kekuatan daya hambatnya masih tergolong lemah.
Pengaruh Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Beluntas ( <i>Pluchea indica</i> Less.) dan Daun Sukun ( <i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosberg) terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	- Daun Beluntas ( <i>Pluchea indica</i> Less.) - Daun Sukun ( <i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fosberg)	- Metode dilusi - Metode difusi cakram	2024	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun beluntas ( <i>Pluchea indica</i> ) dan daun sukun ( <i>Artocarpus altilis</i> ) sama-sama memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 dengan nilai KBM masing-masing sebesar 12,5% dan 6,25%. Kombinasi dibuat dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1 dengan perbandingan paling efektif terdapat pada 2:1 (beluntas 25% : sukun 6,25%) dengan diameter zona hambat sebesar 20,72 mm, tergolong kuat dan menunjukkan efek sinergis yaitu kombinasi keduanya menghasilkan daya hambat yang lebih besar dibandingkan ekstrak tunggal,. Hasil ini

Judul	Bakteri Uji	Bahan Uji	Metode	Tahun	Hasil/Kesimpulan	
Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Bunga Rosella ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) dan Bunga Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	- Bunga Rosella ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) - Bunga Cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	Metode cakram	difusi	2023	membuktikan bahwa kombinasi ekstrak daun beluntas dan daun sukun dapat meningkatkan efektivitas antibakteri terhadap <i>S. aureus</i> dibandingkan jika digunakan secara tunggal.  Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak etanol bunga rosella ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) dan bunga cengkeh ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923. Pada uji pendahuluan, kedua ekstrak tunggal menunjukkan zona hambat pada konsentrasi 6,25%, sehingga konsentrasi ini digunakan dalam uji kombinasi. Seluruh variasi kombinasi (1:1, 1:2, 2:1, 1:3, dan 3:1) menghasilkan zona hambat dengan kategori sedang dan lebih besar dibandingkan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama. Kombinasi paling efektif terdapat pada perbandingan 1:3 dengan rata-rata zona hambat sebesar 16,13 mm, menunjukkan bahwa proporsi bunga cengkeh yang lebih tinggi memberikan efek antibakteri lebih dominan terhadap <i>S. aureus</i> .

Judul	Bakteri Uji	Bahan Uji	Metode	Tahun	Hasil/Kesimpulan
Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Bawang Dayak ( <i>Eleutherine palmifolia</i> (L.) Meer) dan Jahe Merah ( <i>Zingiber officinale</i> var. <i>rubrum</i> ) terhadap Pertumbuhan <i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella typhi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bawang Dayak (<i>Eleutherine palmifolia</i> (L.) Meer)</li> <li>- Jahe Merah (<i>Zingiber officinale</i> var. <i>rubrum</i>)</li> </ul>	Metode difusi cakram	2022	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak etanol umbi bawang dayak ( <i>Eleutherine palmifolia</i> (L.) Merr) dan rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale</i> Rosc. Var. <i>Rubrum</i> ) memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Salmonella typhi</i> secara in vitro. Uji dilakukan menggunakan metode difusi cakram pada konsentrasi 75% dengan tiga variasi kombinasi (1:1, 1:2, dan 2:1). Hasilnya menunjukkan diameter zona hambat sebesar 8,89 mm (1:1), 8,00 mm (1:2), dan 9,89 mm (2:1), dengan kombinasi terbaik pada perbandingan 2:1 yang memiliki efektivitas antibakteri 29,96% terhadap kontrol positif kloramfenikol 30 $\mu$ g/mL (33 mm).

Judul	Bakteri Uji	Bahan Uji	Metode	Tahun	Hasil/Kesimpulan
Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> L.) dan Daun Sirih Hijau ( <i>Piper betle</i> L.) terhadap Pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	- <i>Staphylococcus aureus</i> - <i>Escherichia coli</i>	- Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> L.) - Daun Sirih Hijau ( <i>Piper betle</i> L.)	Metode difusi sumuran	2023	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> L.) dan daun sirih hijau ( <i>Piper betle</i> L.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> . Uji dilakukan menggunakan metode difusi sumuran dengan konsentrasi 25%, 50%, dan 75%, baik pada ekstrak tunggal maupun kombinasi (1:1). Hasil menunjukkan bahwa ekstrak tunggal daun kelor dan daun sirih hijau memiliki daya hambat kategori sedang, sedangkan kombinasi keduanya menghasilkan daya hambat kategori kuat terhadap kedua bakteri uji. Zona hambat tertinggi diperoleh pada kombinasi konsentrasi 75% dengan diameter 17,6 mm terhadap <i>S. aureus</i> dan 14 mm terhadap <i>E. coli</i> . Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi ekstrak daun kelor dan daun sirih hijau lebih efektif menghambat pertumbuhan bakteri dibandingkan ekstrak tunggalnya.

## 2.6 Kerangka Teori



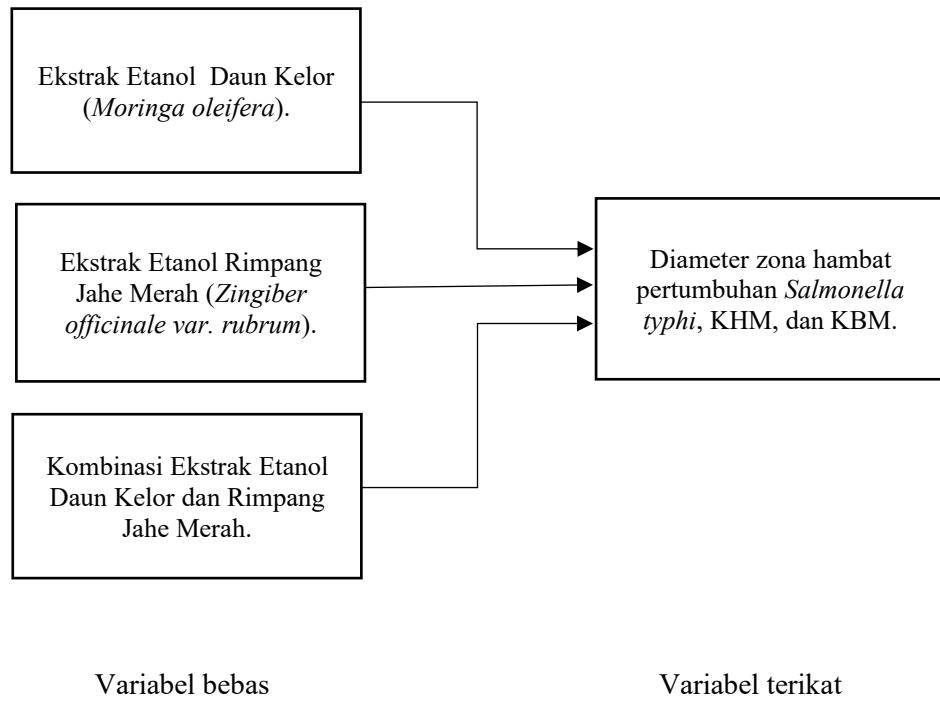
Keterangan:   : Diteliti

  : Tidak diteliti

**Gambar 2. 5** Kerangka Teori

Sumber : Fauziah *et al* (2023); Putri *et al* (2023); Sholikhati *et al* (2023)

## 2.7 Kerangka Konsep



## Gambar 2. 6 Kerangka Konsep

## 2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

**H0:**

1. Kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*.
  2. Zona hambat yang dihasilkan kombinasi ekstrak tidak lebih besar dibandingkan dengan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama.

Ha:

1. Kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) memiliki aktivitas terhadap *Salmonella typhi*.
  2. Zona hambat yang dihasilkan kombinasi ekstrak lebih besar dibandingkan dengan ekstrak tunggal pada konsentrasi yang sama.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan desain kontrol, yaitu pengukuran dilakukan setelah perlakuan pada setiap kelompok perlakuan dan kontrol. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efek antibakteri masing-masing ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) serta efek kombinasi kedua ekstrak terhadap *Salmonella typhi*. Uji aktivitas antibakteri diawali dengan uji dilusi untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) dari ekstrak. Nilai KBM yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar penentuan konsentrasi pada uji difusi sumuran, baik untuk pengujian tunggal maupun kombinasi. Pengujian difusi sumuran dilakukan pada media *Mueller-Hinton Agar* yang telah diinokulasi dengan suspensi *S. typhi* dan efektivitas antibakteri dievaluasi berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar sumur uji. Sebagai pembanding, digunakan kontrol positif dan juga kontrol negatif. Kontrol positif menggunakan antibiotik standar berupa *ciprofloxacin*, sedangkan kontrol negatif menggunakan aquades. Seluruh pengujian dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada setiap kelompok perlakuan.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Oktober — Desember tahun 2025. Penelitian dilakukan di:

1. Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung untuk melakukan uji determinasi, uji fitokimia, dan pembuatan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*).
2. Laboratorium Mikrobiologi dan Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung untuk melakukan uji aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) terhadap *Salmonella typhi*.

### **3.3 Mikroba Uji dan Bahan Uji Penelitian**

#### **3.3.1 Mikroba Uji Penelitian**

Mikroba yang digunakan pada penelitian ini berupa bakteri *Salmonella typhi* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

#### **3.3.2 Bahan Uji Penelitian**

Bahan uji penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah daun kelor (*Moringa oleifera*) yang diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Punggur, Lampung Tengah dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) yang diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung.

#### **3.3.3 Media Kultur**

Penelitian ini menggunakan media *Mueller Hinton Agar* (MHA) untuk uji difusi, *Mueller Hinton Broth* (MHB) untuk uji dilusi, serta *Nutrient Agar* (NA) untuk peremajaan bakteri.

### **3.4 Identifikasi Variabel Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel Bebas (*independent variable*)**

Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*), ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber*

*officinale var. rubrum*), dan kombinasi ekstrak etanol daun kelor dan ekstrak etanol rimpang jahe.

### **3.4.2 Variabel Terikat (*dependent variable*)**

Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah diameter zona hambat pertumbuhan *Salmonella typhi*, Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM).

### 3.5 Definisi Operasional

**Tabel 3. 1 Definisi Operasional**

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Ekstrak etanol daun kelor	Larutan hasil ekstraksi daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) menggunakan pelarut etanol 96%	Mikropipet, pelarut etanol 96%	Ekstrak dengan konsentrasi 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%	Nominal
Ekstrak etanol rimpang jahe merah	Larutan hasil ekstraksi rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) menggunakan pelarut etanol 96%	Mikropipet, pelarut etanol 96%	Ekstrak dengan konsentrasi 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%	Nominal
Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Ekstrak Etanol Rimpang Jahe Merah	Kombinasi ekstrak daun kelor dan 96% ekstrak rimpang jahe merah dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1	Mikropipet, pelarut etanol 96%	Perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1	Nominal
Diameter Zona Hambat	Daerah tanpa pertumbuhan bakteri yang terlihat di media setelah uji difusi sumuran	Jangka Sorong	Diameter zona hambat dengan kriteria: 1. <5 mm: Lemah 2. 5-10 mm : Sedang 3. 10 mm – 20 mm: Kuat 4. ≥ 21 mm: Sangat kuat	Ratio
Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)	Konsentrasi terendah senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba.	Tabung reaksi, mikropipet	Pertumbuhan Bakteri	Nominal
Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)	Konsentrasi minimum yang mampu membunuh mikroba	Media Agar, <i>colony counter</i>	Pertumbuhan Koloni	Nominal

### 3.6 Kelompok Perlakuan

#### 3.6.1 Kelompok Perlakuan Uji Dilusi

Kelompok perlakuan pada uji dilusi terdiri atas kontrol positif, kontrol negatif, serta ekstrak etanol daun kelor dan ekstrak etanol rimpang jahe merah dengan konsentrasi bertingkat, yaitu 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%. Uji ini bertujuan untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) terhadap pertumbuhan *Salmonella typhi*. Rincian kelompok perlakuan uji dilusi disajikan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Kelompok Perlakuan Uji Dilusi**

No	Kelompok	Perlakuan
1.	K (+)	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan <i>ciprofloxacin</i>
2.	K (-)	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan aquades
3.	P1	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 100%
4.	P2	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 50%
5.	P3	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 25%
6.	P4	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 12,5%
7.	P5	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 6,25%
8.	Q1	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 100%
9.	Q2	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 50%
10.	Q3	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 25%

No	Kelompok	Perlakuan
11.	Q4	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 12,5%
12.	Q5	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 6,25%

### 3.6.2 Kelompok Perlakuan Uji Difusi

Kelompok perlakuan pada uji difusi sumuran terdiri atas kontrol positif, kontrol negatif, ekstrak etanol daun kelor, ekstrak etanol rimpang jahe merah, serta kombinasi kedua ekstrak dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1. Pada uji ini, seluruh ekstrak digunakan pada konsentrasi 100%. Rincian kelompok perlakuan uji difusi sumuran disajikan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3. 3** Kelompok Perlakuan Uji Difusi

No	Kelompok	Perlakuan
1.	K (+)	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan <i>ciprofloxacin</i>
2.	K (-)	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan aquades
3.	R1	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dengan konsentrasi 100%
4.	R2	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan konsentrasi 100%
5.	S1	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan kombinasi ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan perbandingan 1:1
6.	S2	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan kombinasi ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan perbandingan 1:2
7.	S3	<i>Salmonella typhi</i> yang diberikan kombinasi ekstrak etanol daun kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) dan ekstrak etanol rimpang

No	Kelompok	Perlakuan
		jahe merah ( <i>Zingiber officinale var. rubrum</i> ) dengan perbandingan 2:1

### 3.7 Prosedur Penelitian

#### 3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan

##### 3.7.1.1 Instrumen Penelitian

1. Pisau
2. Parutan
3. Neraca analitik
4. Bejana
5. Seperangkat alat maserasi dan *rotary evaporator*
6. Oven
7. Autoklaf
8. Cawan petri
9. Inkubator
10. Tabung reaksi
11. Rak tabung reaksi
12. Mikropipet
13. Pipet tetes
14. Ose
15. Bunsen
16. Kapas lidi steril
17. *Hot plate*
18. Pinset steril
19. Jangka sorong
20. Blender/alat penghancur bahan tanaman
21. Kertas saring
22. Alat perforator

### 3.7.1.2 Bahan Penelitian

1. Daun kelor (*Moringa oleifera*) yang diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Punggur, Lampung Tengah.
2. Rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) yang diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung.
3. Bakteri *Salmonella typhi* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
4. Etanol 96%
5. Antibiotik standar (*ciprofloxacin*)
6. Larutan natrium klorida (NaCl) fisiologis 0,9%
7. Aquades
8. Standar Mc. Farland  $1,5 \times 10^8$  CFU/mL
9. *Nutrient Agar*
10. *Mueller Hinton Agar*
11. *Mueller Hinton Broth*
12. Serbuk Magnesium (Mg)
13. HCl pekat
14. HCl 2N
15. Larutan  $\text{FeCl}_3$  10%
16. Larutan  $\text{FeCl}_3$  2%
17. Pereaksi Mayer, Dragendorff, dan Bouchardat
18. Kloroform
19. Asam sulfat pekat
20. Asam asetat glasial

### 3.7.1.3 Sterilisasi Alat

Sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 120°C selama 15-20 menit dengan tujuan menghilangkan mikroorganisme lain yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian. Setelah proses sterilisasi selesai, seluruh peralatan

dibiarkan hingga mencapai suhu ruang dan dalam kondisi kering sebelum digunakan.

### **3.7.2 Determinasi Tanaman**

Determinasi tanaman dilakukan dengan menyesuaikan ciri morfologi dari daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) dengan pustaka yang akan dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung (Safutri *et al.*, 2024).

### **3.7.3 Pembuatan Simplisia Daun Kelor dan Rimpang Jahe**

Daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam penelitian ini dipilih yang masih dalam kondisi baik, tidak tua, dan tidak layu. Daun kelor yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Punggur, Lampung Tengah. Selanjutnya, daun kelor dicuci di bawah air mengalir guna menghilangkan kotoran dan debu yang menempel dan dikeringkan. Sedangkan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) yang digunakan dalam kondisi yang masih segar, utuh, dan bebas dari kerusakan. Rimpang jahe merah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perkebunan warga yang berada di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Selanjutnya, rimpang jahe merah dicuci, diiris tipis dengan ketebalan 7-8 mm, dan dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan dengan cara diangin-anginkan kemudian menggunakan alat pengering dengan suhu tidak lebih dari 40°C untuk menjaga kestabilan senyawa aktif di dalamnya. Setelah kering, daun kelor dan rimpang jahe merah digiling menggunakan blender atau alat penggiling hingga diperoleh serbuk kering dengan ukuran yang seragam dan siap digunakan dalam proses selanjutnya (Arlin *et al.*, 2025; Harlita *et al.*, 2022).

### 3.7.4 Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Kelor dan Rimpang Jahe Merah

#### Merah

Pembuatan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dan rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) dibuat dengan teknik maserasi. Metode ini dipilih untuk menghindari kerusakan senyawa kimia pada tanaman yang bersifat sensitif terhadap panas. Masing-masing serbuk daun kelor dan rimpang jahe ditimbang sebanyak 500 gram, kemudian dimerasi dalam 5 liter etanol 96% dengan proporsi (1:10) dalam bejana maserasi yang disimpan rapat. Etanol 96% digunakan sebagai pelarut karena sifat semipolarnya yang memungkinkan untuk melarutkan senyawa polar maupun non-polar, dengan tingkat toksitas yang rendah. Kemudian simplisia tersebut didiamkan selama 3 hari dan dilakukan pengadukan sesekali. Setelah 3 hari, maserat disaring dan ampasnya dimerasi kembali dengan 5 liter etanol 96% selama 2 hari. Proses ini diulang satu kali lagi dengan total 3 kali maserasi. Hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke rotary evaporator untuk mendapatkan ekstrak kental. Kemudian ekstrak yang diperoleh disimpan dalam wadah kedap udara pada suhu 4°C sampai waktu pelaksanaan ujian (Arlin *et al.*, 2025; Maharani *et al.*, 2017).

### 3.7.5 Uji Fitokimia

#### 1. Uji Flavonoid

Sebanyak 0,5 ml ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi. Setelah itu, sebanyak 15 mL aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dipanaskan selama 5 menit. Setelah proses pemanasan, ditambahkan 0,5 g serbuk Mg serta 3–5 tetes HCl pekat. Reaksi dikatakan positif apabila larutan menunjukkan perubahan warna menjadi kuning kemerahan (Kartikasari *et al.*, 2022; Pisacha *et al.*, 2025).

## 2. Uji Tanin

Sebanyak 0,5 ml ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi. Setelah itu, sebanyak 15 mL aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dipanaskan selama 5 menit. Setelah pemanasan, ditambahkan 3–5 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  10%. Reaksi dinyatakan positif apabila larutan berubah warna menjadi hijau kecoklatan (Kartikasari *et al.*, 2022; Pisacha *et al.*, 2025).

## 3. Uji Saponin

Sebanyak 0,5 ml ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi. Setelah itu, sebanyak 15 mL aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dipanaskan selama 5 menit. Setelah pemanasan, ditambahkan sedikit etanol untuk uji kestabilan, kemudian ditambah 3 mL aquades dan dikocok. Reaksi dianggap positif apabila terbentuk busa dan stabil tidak hilang selama 30 detik (Kartikasari *et al.*, 2022; Pisacha *et al.*, 2025).

## 4. Uji Alkaloid

Sebanyak 0,5 ml ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi. Kemudian sebanyak 3 mL  $\text{HCl}$  2N dimasukkan ke dalam tiga tabung reaksi yang berbeda dan dipanaskan selama 5 menit. Setelah proses pemanasan selesai, ditambahkan reagen masing-masing sesuai jenis uji sebanyak 3–5 tetes. Hasil positif pada pereaksi Mayer ditunjukkan dengan terbentuknya endapan berwarna kuning, sedangkan pada pereaksi Dragendorff dan Bouchardat ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna jingga (Kartikasari *et al.*, 2022).

## 5. Uji Fenoliik

Sebanyak 0,5 ml ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi. Kemudian 3 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  2% dimasukkan ke dalam tabung

reaksi dan dipanaskan selama 5 menit. Reaksi dinyatakan positif apabila larutan menunjukkan perubahan warna menjadi hijau kehitaman (Kartikasari *et al.*, 2022).

#### 6. Uji Steroid dan Terpenoid

Masing-masing 0,5 mL ekstrak daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 3–5 tetes kloroform, asam sulfat pekat, dan asam asetat glasial. Selanjutnya, diamati perubahan warna yang muncul. Terbentuknya cincin berwarna hijau menandakan keberadaan senyawa steroid, sedangkan perubahan warna menjadi merah kehitaman mengindikasikan adanya senyawa terpenoid (Kartikasari *et al.*, 2022).

#### 3.7.6 Pembuatan Konsentrasi Ekstrak

Ekstrak etanol daun kelor dan jahe merah terlebih dahulu diencerkan menggunakan aquades steril sebagai pelarut. Setelah itu, dilakukan pembuatan variasi konsentrasi ekstrak sebesar 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%. Untuk memperoleh konsentrasi akhir sesuai kebutuhan pengujian, proses pengenceran dilakukan dengan menggunakan rumus berikut (Alimuddin *et al.*, 2025; Ugha *et al.*, 2019).

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Keterangan:

$M_1$  = Konsentrasi awal

$V_1$  = Volume ekstrak yang dibutuhkan

$M_2$  = Konsentrasi akhir yang diinginkan

$V_2$  = Volume akhir larutan yang akan dibuat

#### 3.7.7 Pembuatan Media Kultur

##### 1. Pembuatan Media *Mueller Hinton Agar* (MHA)

Media Mueller Hinton Agar (MHA) ditimbang sebanyak 3,8 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan 100 ml aquades sambil dikocok dan dipanaskan

hingga mendidih, lalu ditutup menggunakan kapas dan dilapisi dengan alumunium foil. Media kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media yang sudah steril kemudian dikeluarkan dari autoklaf dan dituangkan ke dalam cawan petri (Wardaniati & Gusmawarni, 2021).

## 2. Pembuatan Media *Mueller Hinton Broth* (MHB)

Pembuatan media dilakukan dengan menimbang 2,04 gram serbuk MHB, lalu dilarutkan dalam 100 mL aquadest yang ditempatkan pada erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hot plate* hingga mendidih. Setelah larutan menjadi homogen, MHB dimasukkan ke dalam beberapa tabung reaksi sebanyak 1 mL. Setelah itu, media disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit (Maarisit *et al.*, 2021).

## 3. Pembuatan Media *Nutrient Agar*

Serbuk *Nutrient Agar* ditimbang sebanyak 2 gram dan dilarutkan ke dalam 100 mL aquadest yang ditempatkan pada erlenmeyer. Larutan tersebut dipanaskan di atas *hot plate* sambil diaduk hingga mendidih, kemudian ditutup dengan menggunakan kapas dan dilapisi alumunium foil. Media kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media yang sudah steril kemudian dikeluarkan dari autoklaf dan dituangkan ke dalam cawan petri (Ugha *et al.*, 2019).

### 3.7.8 Persiapan Bakteri Uji

#### 1. Peremajaan Bakteri *Salmonella typhi*

Inokulasi bakteri *Salmonella typhi* dilakukan dengan mengambil satu hingga dua ose bakteri dari biakan murni menggunakan jarum ose yang telah disterilkan, lalu digoreskan pada permukaan media *nutrient agar*. Tabung kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, tabung disimpan dalam lemari pendingin bersuhu 4°C dan digunakan sebagai stok bakteri (Susanti *et al.*, 2022).

## 2. Pembuatan suspensi bakteri

Bakteri yang sudah diinkubasi selama 24 jam diambil menggunakan ose steril, kemudian disuspensikan ke dalam 10 mL larutan NaCl fisiologis 0,9% dalam tabung reaksi steril. Suspensi tersebut dihomogenkan hingga tercampur merata, lalu dilakukan pengenceran bertingkat. Setiap hasil pengenceran dibandingkan tingkat kekeruhannya dengan standar larutan McFarland untuk memastikan kesesuaian konsentrasi bakteri sebelum digunakan dalam pengujian (Andica *et al.*, 2022).

### 3.7.9 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Metode Dilusi

Uji dilusi dilakukan untuk menentukan konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) dari ekstrak tunggal maupun kombinasi. Untuk setiap perlakuan disiapkan 5 tabung reaksi steril, 1 tabung sebagai kontrol positif, dan 1 tabung sebagai kontrol negatif. Pada setiap tabung masing-masing diisi 1 mL larutan MHB, kemudian pada tabung pertama hingga kelima diberikan larutan ekstrak etanol dengan konsentrasi bertingkat, yaitu 100%, 50%, 25%, 12,5%, dan 6,25%. Selain itu, disiapkan satu tabung kontrol positif yang berisi 1 mL MHB dan 1 mL antibiotik, serta satu tabung kontrol negatif yang berisi 1 mL MHB dan 1 mL aquades. Perlakuan ini dilakukan terpisah untuk ekstrak etanol daun kelor dan ekstrak rimpang jahe merah dengan tiga kali pengulangan. Setelah semua tabung siap, ke dalam tabung uji ditambahkan 1 mL suspensi *Salmonella typhi* yang sudah disesuaikan dengan larutan standar McFarland, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 18–24 jam.

Konsentrasi terendah yang menunjukkan kondisi jernih tanpa adanya kekeruhan ditetapkan sebagai KHM. Untuk penentuan KBM, dilakukan subkultur dari tabung yang jernih atau tidak menunjukkan pertumbuhan ke media *Mueller-Hinton Agar* (MHA). Subkultur dilakukan pada tabung jernih, satu konsentrasi sebelum jernih, dan

satu konsentrasi setelah jernih untuk memastikan bahwa hambatan pertumbuhan bakteri sesuai dengan KHM yang diamati. Selanjutnya, cawan petri diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Konsentrasi terendah yang tidak menunjukkan pertumbuhan koloni bakteri pada media padat ditetapkan sebagai KBM (Juariah *et al.*, 2021; Setyowati *et al.*, 2024).

### 3.7.10 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Metode Difusi Sumuran

Suspensi *Salmonella typhi* yang telah disesuaikan dengan standar McFarland diinokulasikan ke permukaan media Mueller-Hinton Agar (MHA) menggunakan kapas lidi steril secara merata. Setelah permukaan media mengering, dibuat sumuran pada media menggunakan *yellow tip* yang sudah disterilkan. Pada setiap sumuran diteteskan 50  $\mu$ L larutan uji, yang terdiri atas ekstrak etanol daun kelor, ekstrak etanol rimpang jahe merah, serta kombinasi kedua ekstrak dengan perbandingan 1:1, 1:2, dan 2:1. Selain itu, disiapkan kontrol positif dan kontrol negatif. Uji difusi sumuran dilakukan menggunakan konsentrasi ekstrak 100% berdasarkan pertimbangan hasil uji dilusi sebelumnya. Seluruh cawan petri diinkubasi secara tertutup pada inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam, kemudian dilakukan pengukuran terhadap diameter zona hambat yang terbentuk. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong. Nilai zona hambat bersih dihitung dengan mengurangi diameter total zona hambat dengan diameter sumuran sebesar 6 mm (Primadiamanti *et al.*, 2020; Wandira *et al.*, 2022).

**Tabel 3. 4** Kategori Diameter Zona Hambat

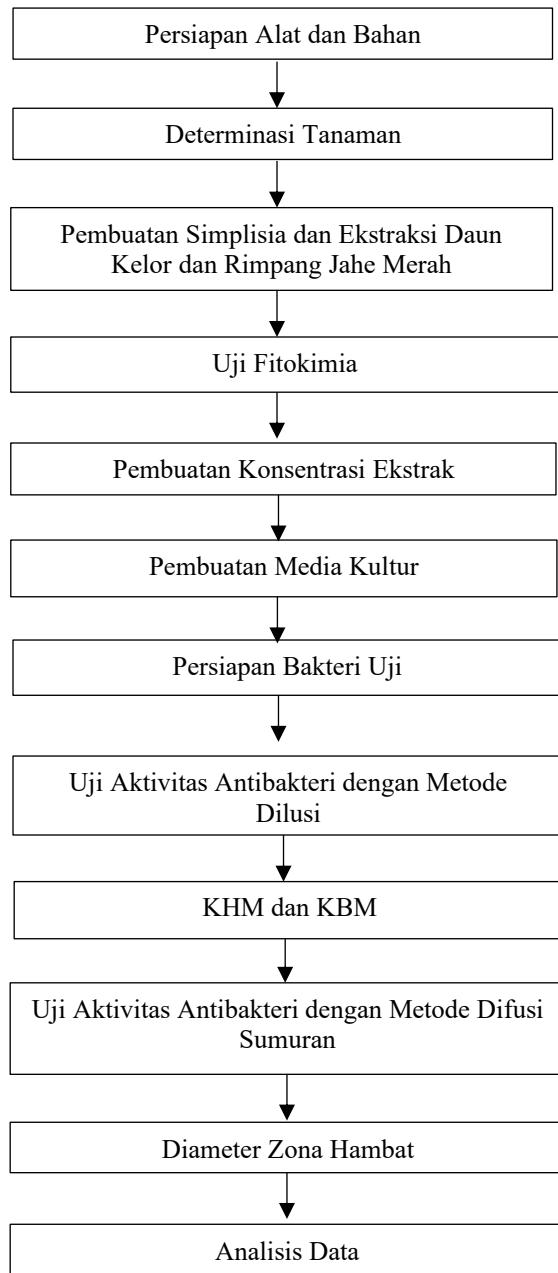
Daya Hambat	Kategori Daya Hambat
$\leq 5$ mm	Lemah
6-10 mm	Sedang
11-20 mm	Kuat
$\geq 21$ mm	Sangat kuat

Sumber: Bryan *et al* (2024)

### 3.7.11 Analisis data

Analisis data dilakukan dengan cara mengukur zona hambat pada uji difusi yang dihasilkan dan dihitung nilai rata-ratanya. Kemudian data tersebut dianalisis secara statistik dengan perangkat lunak komputer untuk uji statistik. Langkah pertama yaitu dengan melakukan uji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas. Apabila hasil data terdistribusi normal ( $p>0.05$ ) dilanjutkan dengan uji One-Way Anova untuk mengetahui adanya perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan. Apabila hasil One-Way Anova didapatkan  $p<0,05$  dilanjutkan dengan uji Post-hoc untuk mengetahui pasangan kelompok mana yang memiliki perbedaan signifikan. Apabila hasil uji Post-hoc didapatkan  $p<0,05$  maka dikatakan terdapat perbedaan signifikan. Namun, apabila data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis, diikuti dengan uji Mann-Whitney sebagai post hoc (Juariah *et al.*, 2021; Michelle & Santosa, 2023).

### 3.8 Alur Penelitian



**Gambar 3. 1** Alur Penelitian

### **3.9 Manajemen Data**

#### **3.9.1 Sumber Data**

##### **3.9.1.1 Data Primer**

Data primer diperoleh secara langsung melalui hasil eksperimen laboratorium, berupa diameter zona hambat (mm) pada uji tunggal dan kombinasi, serta nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) pada perlakuan uji tunggal terhadap pertumbuhan *Salmonella typhi*.

##### **3.9.1.2 Data Sekunder**

Data sekunder didapatkan dari literatur atau referensi yang relevan sebagai dasar teori atau pendukung data primer dari jurnal ilmiah, artikel, dan panduan metode difusi sumuran.

#### **3.9.2 Analisis Data**

##### **3.9.2.1 Analisis Data Univariat**

Analisis data univariat pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kelor, ekstrak etanol rimpang jahe merah, serta kombinasi keduanya terhadap *Salmonella typhi* secara in vitro. Parameter yang diukur meliputi zona hambat pertumbuhan bakteri pada metode difusi dan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) serta Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) pada metode dilusi. Hasil pengukuran zona hambat kemudian dihitung rata-ratanya.

##### **3.9.2.1 Analisis Data Bivariat**

Analisis data bivariat pada penelitian ini untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara variabel bebas berupa uji tunggal dan uji kombinasi terhadap variabel terikat berupa diameter zona hambat terhadap *Salmonella typhi*. Uji statistik yang digunakan bergantung pada distribusi data. Jika data terdistribusi normal ( $p>0,05$ ) dan varians homogen, dilakukan

One-Way ANOVA untuk mengetahui adanya perbedaan bermakna antar kelompok perlakuan. Jika ANOVA menunjukkan  $p<0,05$ , dilanjutkan dengan uji post-hoc untuk menentukan pasangan kelompok mana yang berbeda signifikan. Jika data tidak terdistribusi normal, digunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis, diikuti dengan uji Mann-Whitney sebagai post-hoc. Perbedaan dianggap signifikan jika  $p<0,05$  (Michelle & Santosa, 2023).

### **3.10 Etika Penelitian**

Penelitian ini telah diajukan pelaksanaannya kepada Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan telah lulus kaji etik berdasarkan surat persetujuan etik untuk dapat melaksanakan penelitian dengan nomor surat 6009/UN26.18/PP.05.02.00/2025.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kombinasi ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) tidak menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi* secara *in vitro*.
2. Tidak terdapat perbedaan aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dengan kombinasi keduanya.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian ini maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kelor dan rimpang jahe merah terhadap jenis bakteri lain, khususnya bakteri gram positif, guna mengetahui potensi aktivitas antibakteri pada bakteri dengan karakteristik dinding sel yang berbeda.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhatikan faktor bahan tanaman, seperti waktu panen dan kondisi bahan baku, karena faktor tersebut dapat memengaruhi kandungan senyawa aktif yang terekstraksi.

3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pemisahan fraksi ekstrak, khususnya menggunakan pelarut semipolar seperti etil asetat, yang berdasarkan penelitian sebelumnya dilaporkan berpotensi mengekstraksi senyawa aktif dengan aktivitas antibakteri yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji, A. S., Atika, N., Kusbijantoro, Y. B., Billah, A., Putri, A., Handajani, F. 2022. A Review of Leaves and Seeds *Moringa oleifera* Extract: The potential *Moringa oleifera* as Antibacterial, Anti-Inflammatory, Antidiarrhoeal, And Antiuclcer Approaches To Bacterial Gastroenteritis. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 10(F):305–13.
- Ahnafani, M., Nasiroh, N., Aulia, N., Lestari, N., Ngongo, M., Hakim, A. 2024. Jahe (*Zingiber officinale*): Tinjauan Fitokimia, Farmakologi, Dan Toksikologi. Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan. 11(10):1992–8.
- Alfahrul, A., Hasanuddin, P., Haerati. 2023. Uji Daya Hambat Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella typhi*. Jurnal TLM Blood Smear. 4(2):76–81.
- Alimuddin, S., Ralle, A., Asmilawati. 2025. Priming Benih Kedelai (*Glycine max* L.) yang telah Mengalami Penyimpanan dengan Menggunakan Ekstrak Daun Kelor. Jurnal Agrotek. 9(2):183–92.
- Amiruddin, Herman, S., Balumbi, M., Rahawarat, M., Darlian, L., Fitrianingsih, J., et al. 2024. *Moringa oleifera* Extract Affects The Diameter of The Graafian Follicles in Female *Mus musculus*. Majalah Obstetri & Ginekologi. 32(1):14–21.
- Andica, R. I., Anggarani, W., Kusuma, A. R. P. 2022. Inhibitory Power of Probiotics Drinks on the *Streptococcus mutans* Growth. Jurnal Medali. 4(2):97–103.
- Apriantini, A., Putra, R., Suryati, T. 2022. Review: Aplikasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) pada Berbagai Produk Olahan Daging. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan. 10(3):132–43.
- Arlin, P. N., Lumowa, S. V. T., Purwati, S. 2025. Pengaruh Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dan Daun Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) terhadap Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *Salmonella typhi* ATCC 14028. Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan. 3(4):639–45.
- Azzahra, F., Azzam, M., Fajeriadi, H. 2025. Pemanfaatan tumbuhan jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) sebagai antimikroba: Studi literatur. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. 54–61.

- Badan Pusat Statistik Lampung. 2024. *Produksi Tanaman Biofarmaka Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Lampung, 2024*.
- Bharathan, G., Kurian, B. 2021. First Reported Case of Ceftriaxone-Resistant Typhoid Fever in the Middle-East. International Journal of Travel Medicine and Global Health. 9(1):39–41.
- Bryan, T., Defny, W., Erladys, R. 2024. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Alga *Halimeda opuntia* dari Perairan Desa Poopoh Kabupaten Minahasa terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. Journal Pharmacon. 13(1):507–14.
- Burhan, A., Bintoro, D., Mardianingsih, A., Nurhaeni, F. 2022. Studi Literatur: Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun dan Batang Tanaman terhadap Bakteri *Klebsiella pneumoniae*. Action Research Literature. 6(2):118–33.
- Çiçek, A., Noubissi, P. A., Pop, O. L., Mureşan, C. I., Fokam Tagne, M. A., Kamgang, R., et al. 2024. Bioactive Compounds in *Moringa oleifera*: Mechanisms of Action, Focus on Their Anti-Inflammatory Properties. Plants. 13(1):20.
- Dianawati, N., Zalfhira, M. 2023. Perbedaan antara Ekstrak Etanol Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *amarum*), Jahe Gajah (*Zingiber officinale* var. *officinarum*), Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dalam Menghambat Bakteri *Streptococcus mutans*. Bhakta dental jurnal. 1(01):13–18.
- Diantari, N. K., Astuti, K. W. 2023. Potensi Ekstrak Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc. var *rubrum*) Sebagai Nutraceutical. Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi. 2631–642.
- Emelia, R., Safitri, D., Andriyani, H. 2020. Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Antibakteri terhadap Infeksi Bakteri *Escherichia coli*. INFOKES (Informasi Kesehatan). 2(4):44–50.
- Fajrina, A., Ramadhani, P., Syafen, U. W. W. 2023. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) dan Daun Tapak Dara (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Jurnal Farmasi Higea. 15(2):146–162.
- Fauziah, N., Maulidiyah, M., Hartanto, T., Putri, S., Sabhira, A., Mukarromah, I., et al. 2023. Artikel Review : Studi Fitokimia Dan Farmakologi Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lam). The Journal General Health and Pharmaceutical Sciences Research. 1(4):45–52.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., Rahmat, A. 2016. Variation of the Phytochemical Constituents and Antioxidant Activities of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade Associated with Different Drying Methods and

- Polyphenol Oxidase Activity. *Molecules*. 21(6):780.
- Hancuh, M., Walldorf, J., Minta, A., Tevi-Benissan, C., Christian, K., Nedelec, Y., *et al.* 2023. Typhoid Fever Surveillance, Incidence Estimates, and Progress Toward Typhoid Conjugate Vaccine Introduction — Worldwide, 2018–2022. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*. 72(7):171–6.
- Handoyono, D. L. 2020. Pengaruh Lama Waktu Maserasi (Perendaman) Terhadap Kekentalan Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle*). *Jurnal Farmasi Tinctura*. 2(1):34–41.
- Harlita, T. D., Aina, G. Q., Kartini, R. 2022. Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia* (L.) Meer) dan Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc var. *rubrum*) terhadap Pertumbuhan *Salmonella typhi*. *Sains Medisina*. 1(2):109–117.
- Hartanto, D. 2021. Diagnosis dan Tatalaksana Demam Tifoid pada Dewasa. *Cermin Dunia Kedokteran*. 48(1):5.
- Hasriyani, Zulfa, A., Anggun, L., Murhayati, R. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 70% Biji Lada Hitam (*Piper nigrum* L) terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Indonesia Jurnal Farmasi*. 5(2):14.
- Imara, F. 2020. *Salmonella typhi* Bakteri Penyebab Demam Tifoid. Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19. 6(1):1–5.
- Indriasari, A. 2024. Efektivitas Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale* var *rubrum* Rhizoma) terhadap Bakteri *Salmonella* sp. Sebagai Antibakteri secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Kedokteran*. 1–10.
- Isnain, W., Muin, N. 2017. Ragam Manfaat Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) Bagi Masyarakat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 14(1):63–75.
- Isramilda, Sahreni, S., Nisa, S. 2024. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* secara *In Vitro*. *Zona Kedokteran*. 14(3):199–209.
- Isyraqi, N., Rahmawati, D., Sastyarina, Y. 2020. Studi Literatur: Skrining Fitokimia dan Aktivitas Farmakologi Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lam). *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*. 12:202–210.
- Jonis, R. F. 2018. Pola Resistensi terhadap Antibiotik Pada Bakteri *Salmonella typhi* yang Diisolasi Dari Kultur Darah Pasien Anak Demam Tifoid. *Universitas Lampung*.
- Juariah, S., Yusrita, E., Aprilliana, S. 2021. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Serai (*Cymbopogon citratus* L) terhadap Pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara *In Vitro*. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*. 4(1):63–73.

- Kartikasari, D., Rahman, I. R., Ridha, A. 2022. Uji Fitokimia Pada Daun Kesum (*Polygonum minus* Huds.) Dari Kalimantan Barat. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*. 5(1):35–42.
- Kashyap, P., Kumar, S., Riar, C. S., Jindal, N., Baniwal, P., Guiné, R. P. F., *et al.* 2022. Recent Advances in Drumstick (*Moringa oleifera*) Leaves Bioactive Compounds: Composition, Health Benefits, Bioaccessibility, and Dietary Applications. *Antioxidants*. 11(2):402.
- Kasudaha, F., Rahman, I., Mus, N., Sibadu, M. 2024. Studi *In Vitro* Aktivitas Antibakteri Ekstrak Sirih Merah (*Piper crocatum*) terhadap Bakteri *Salmonella typhi*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. 4(3):381–7.
- Kelanit, R. S., Runtuboi, D. Y. P., Gunaedi, T. 2016. Uji Resistensi Antibiotik dan Deteksi Gen Plasmid IncHI1 *Salmonella typhi* Isolat Jayapura. *Jurnal Khairi*, W., Widodo, G., Harmastuti, N., Wahid, A., Hendriyani, I., Ittiqo, D. 2025. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder pada Ekstrak dan Fraksi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT). *Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 6(2):136–40.
- Khan, M., Shamim, S. 2022. Understanding the Mechanism of Antimicrobial Resistance and Pathogenesis of *Salmonella enterica* Serovar Typhi. *Microorganisms*. 10(10):1–15.
- Khasanah, H., Nugraheni, D. 2021. Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Biji Kebiul (*Caesalpina bondus* (L.) roxb) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Avicenna*. 16(1):8–15.
- Kuehn, R., Stoesser, N., Eyre, D., Darton, T. C., Basnyat, B., Parry, C. M. 2022. Treatment of enteric fever (typhoid and paratyphoid fever) with cephalosporins. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 11(11):9.
- Kurniawan, D., Apriliana, E., Himayani, R., Sutarto. 2025. Faktor Risiko Personal dan Lingkungan dalam Kejadian Demam Tifoid Personal and Environmental Risk Factors in The Incidence of Typhoid Fever. *Medical Profession Journal of Lampung*. 14(11):2090–5.
- Lestari, Y., Ardiningsih, P., Nurlina, N. 2016. Aktivitas Antibakteri Gram Positif dan Negatif dari Ekstrak dan Fraksi Daun Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) Asal Pesisir Sungai Kakap Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(4):1–8.
- Levani, Y., Prastyo, A. D. 2020. Demam Tifoid: Manifestasi Klinis, Pilihan Terapi. *Al-Iqra Medical Journal : Jurnal Berkala Ilmiah Kedokteran*. 3(1):10–16.
- Lugito, N. P. H., Cucunawangsih. 2017. Antimicrobial Resistance of *Salmonella enterica* Serovars Typhi and Paratyphi Isolates from a General Hospital in Karawaci, Tangerang, Indonesia: A Five-Year Review. *International Journal*

- of Microbiology. 1–7.
- Lukiati, B., Sulisetijono, Nugrahaningsih, Masita, R. 2020. Determination of Total Phenol and Flavonoid Levels and Antioxidant Activity of Methanolic and Ethanolic Extract *Zingiber officinale* rosc var. *rubrum* Rhizome. AIP Conference Proceedings. 2231(1):.
- Maarisit, I., Angkouw, E. D., Mangindaan, R. E. P., Rumampuk, N. D. C., Manoppo, H., Ginting, E. 2021. Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Epifit Simbion Lamun *Thalassia hemprichii* dari Perairan Bahowo, Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah PLATAKX. 9(1):115–122.
- Maharani, M. D., Gama, S. I., Masruhim, M. A. 2017. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dan Daun Salam (*Syzygium polyanthum* Walp). Mulawarman Pharmaceutical Conference. 48–53.
- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., et al. 2019. Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Foods. 8(6):185.
- Marhaeni, L. 2021. Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Sumber Pangan Fungsional dan Antioksidan. Jurnal Agrisia. 13(2):40–53.
- Michelle, Santosa, D. 2023. Efek Potensiasi Antibakteri Kombinasi Sefadroksil dan Ekstrak Daun *Camellia sinensis*. Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu. 5(1):41–4.
- Mierza, V., Nurawaliah, C. M., Fatharani, A., Mulidianah, D., Rahmawati, D. S. 2023. Literature review: Standardisasi Senyawa Zingiberene. Jurnal Farmasetis. 12(1):43–54.
- Munira, M., Amalia, D., Khazanah, W., Nasir, M. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) Berdasarkan Perbedaan Waktu Panen. Indonesian Journal for Health Sciences. 5(2):69–76.
- Nasution, A., Harahap, F., Nasution, S. 2023. Potensi Antimikroba Ekstrak Daun Kemangi dan Daun Kelor Pada Bakteri *Salmonella typhi*. Ahmar Metastasis Health Journal. 3(3):154–60.
- Nissa, L. I. K., Rahayu, Y. P., Mambang, D. E. P., Daulay, A. S. 2023. Prevalensi Bakteri *Salmonella* sp. pada Daging Ayam Potong di Pasar Tradisional, Pasar Modern, dan Merek Terkenal di Kota Medan. Journal of Pharmaceutical and Sciences. 6(4):1842–18.
- Noviasih, R. F., Suprihadi, A., Pujiyanto, S. 2019. Uji Antibakteri Ekstrak Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc. var. *rubrum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri (*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*) Secara *In Vitro*. Berkala Bioteknologi. 2(1):.
- Nugraha, Y. R., Rohdiana, A., Nurul, Wardani, D. 2024. Pengaruh Infusa Jahe

- Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*. *Jurnal Medika Farmaka*. 3(2):298–304.
- Nur, Y., Cahyotomo, A., Nanda, Fistoro, N. 2020. Profil GC-MS Senyawa Metabolit Sekunder dari Jahe Merah (*Zingiber officinale*) dengan Metode Ekstraksi Etil Asetat, Etanol dan Destilasi. *Jurnal Sains & Kesehatan*. 2(3):198–204.
- Nurkhasanah, T. A., Dhurhania, C. E. 2023. Analisis Kadar Saponin Pada Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) secara Gravimetri. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*. 6(2):300–309.
- Osagie, E. A., Imuentinyan, E.-M. N., Ekundayo, I. O. 2022. In vitro Study of *Moringa oleifera* Lam. Leaf Extract Fractions against Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* Strains from Surgical Wound Infections. *Journal of Advances in Microbiology*. 22(10):120–131.
- Otorkpa, O. J. 2017. Comparative Analysis of The In Vitro Susceptibility of *Salmonella typhi* to Chloramphenicol and Leaf Extracts of *Moringa oleifera*. *Texila International Journal of Medicine*. 5(1):.
- Paat, F. J., Ramadhan, T. S., Pinaria, A. G., Ogie, T. B., Ratag, S. P., Watung, J. F., et al. 2024. Analysis of Organic Chemical Compounds in *Moringa oleifera* L. Using The Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1413(1):.
- Pareda, N. K., Edy, H. J., Lebang, J. S. 2020. Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Sabun Cair Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Jati (*Tectona grandis* Linn.f.) dan Daun Ekor Kucing (*Acalypha hispida* burm.f.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Pharmacon*. 9(4):558.
- Pisacha, I. M., Safutri, W., Putri, N. A., Agustina, M. 2025. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) dan Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap Bakteri Penyebab Jerawat *Propionibacterium acnes*. *Cermin Dunia Kedokteran*. 52(12):773–81.
- Primadiamanti, A., Purnama, R. C., Aulia, R. 2020. Uji Daya Hambat Daun, Kulit Batang dan Buah Sawo Manila Muda (*Manilkara zapota* L) terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Menggunakan Metode Difusi Sumuran. *Jurnal Analis Farmasi*. 5(2):135–141.
- Purba, S. 2020. Uji Daya Hambat Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *The Indonesian Journal of Medical Laboratory*. 1(1):37–43.
- Purbaya, S., Aisyah, L. S., Jasmansyah, Arianti, W. E. 2018. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *sunti*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kartika Kimia*. 1(1):29–34.

- Putri, D., Mahtuti, E., Rahmawati, P. 2023. Identifikasi Bakteri *Salmonella typhi* pada Makanan Sushi di Kota Malang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Celebes*. 04(01):1–7.
- Putri, P., Chatri, M., Advinda, L., Violita. 2023. Karakteristik Saponin Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*. 8(2):251–8.
- Putri, R., Wahidah, S., Hosiyah, Hafidz, I., Faisal. 2023. Uji Daya Hambat Antimikroba secara Difusi Sumuran dan Difusi Paper Disk. *Era Sains : Journal of Science, Engineering and Information Systems Research*. 1(4):28–33.
- Rachmawati, S., Suriawati, J. 2019. Characterisation Of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Leaf Water Extracts By Chemical And Microbiology. *SANITAS: Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan*. 10(2):102–116.
- Rahma, R. A., Paramita, A. L., Akil, S. N. H. 2025. Antibacterial Activity of Aqueous Extract Combination of Garlic (*Allium sativum*) and Red Ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) Against *Staphylococcus aureus*. *Biomedika*. 17(1):31–37.
- Rahmah, W., Hidayani, A., Ramdhani, F., Rozi, A. 2024. Gambaran Hasil Uji Sensitivitas Antibiotik Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dengan Metode DISC dan Sumuran. *Jurnal Surya Medika*. 10(2):344–348.
- Rejeki, D. S., Alfiraza, E. N., Sari, F. A. A., Alquraisi, R. H. A. 2023. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dan Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 1(1):36–45.
- Rijal, M. K., Asri, M. T. 2024. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun *Psidium guajava* dan Perasan *Citrus aurantifolia* terhadap Pertumbuhan *Propionibacterium acnes*. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*. 13(2):279–88.
- Rindengan, E. R., Gurning, S. H., Paputungan, M., Ulaen, S. P. J., Maramis, R. N. 2025. Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dan Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Buana Farma: Jurnal Ilmiah Farmasi*. 5(3):542–548.
- Rivai, A. T. O. 2020. Identifikasi Senyawa yang Terkandung pada Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*. 6(2):63–70.
- Safutri, W., Dwiningrum, R., Pratiwi, M., Mawarni, I. 2024. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Jahe Dan Ekstrak Lengkuas Merah terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Kependidikan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*. 24(2):28–36.
- Saini, R. K., Song, M. H., Yu, J. W., Lee, J. H., Ahn, H. Y., Keum, Y. S., *et al.* 2022. Profiling of Nutritionally Vital Bioactive Compounds in Emerging

- Green Leafy Vegetables: A Comparative Study. *Foods*. 11(23):3867.
- Salehi, B., Quispe, C., Sharifi-Rad, J., Cruz-Martins, N., Nigam, M., Mishra, A. P., *et al.* 2021. Phytosterols: From Preclinical Evidence to Potential Clinical Applications. *Frontiers in Pharmacology*. 11599959.
- Salsabilla, N. B., Septiarini, A. D., Wardani, T. S. 2023. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) dan Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *WARTA BHAKTI HUSADA MULIA: Jurnal Kesehatan*. 10(1):.
- Sandika, J. 2017. Pola Kepakaan Isolat Bakteri *Salmonella typhi* Pada Penderita Demam Tifoid terhadap Antibiotik di RSUD Abdoel Moeloek Bandar Lampungng. *Universitas Lampung*.
- Saputri, N., Lestari, F., Jayati, R. D. 2025. Antibakteri Sari Pati Tumbuhan Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Zona Hambat Bakteri *Salmonella typhi*. *Jurnal biosilampari: jurnal biologi*. 7(2):183–188.
- Sari, D. N. K. 2023. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Jahe Merah (*Zingiber officinale var Rubrum*) dan Jahe Putih (*Zingiber officinale var. Amarum*) pada Pertumbuhan Bakteri *Klebsiella pneumoniae*.
- Satriyani, D. 2021. Review artikel: Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.). *Jurnal Farmasi Malahayati*. 4(1):31–43.
- Setyowati, R., Indrayati, A., Sari, G. N. F. 2024. Pengaruh Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Beluntas (*Pluchea indica* Less.) dan Daun Sukun (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 5(1):45–52.
- Sholikhati, A., Kurnia, S., Farikhah, L. 2023. Phytochemical Compounds and Pharmacological Activities of Red Ginger (*Zingiber officinale var. Rubrum*): Review. *Prosiding University Research Colloquium*. 82–94.
- Silvyana, A. E., Yanti, D., Suripah, Rahmawati, A. 2024. Uji Skrining Fitokimia Serta Parameter Spesifik dan Nonspesifik Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber officinale Var Rubrum*). *Parapemikir : Jurnal Ilmiah Farmasi*. 13(3):348–53.
- Sulieman, A. M. E., Ibrahim, S. M., Alshammari, M., Abdulaziz, F., Idriss, H., Alanazi, N. A. H., *et al.* 2024. *Zingiber officinale Uncovered: Integrating Experimental and Computational Approaches to Antibacterial and Phytochemical Profiling*. *Pharmaceuticals*. 17(11):1551.
- Susanti, E., Andriani, L. L., Rahmah, M. 2022. Uji Sensitivitas Antibakteri Sediaan Injeksi Ceftriaxone Generik terhadap *Salmonella typhi*. *Journal Pharmasci (Journal of Pharmacy and Science)*. 7(1):9–13.
- Syarif, M. R., Kurniawaty, E., Busman, H., Rahmanisa, S. 2025. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Bakau Lindur (*Bruguiera gymnorhiza*) terhadap Pertumbuhan

- Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan. 12(3):621–8.
- Tandanu, E., Rambe, P. W. 2020. Efektivitas Antibakteri Ekstrak Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* secara *In Vitro*. Prima Medical Journal (PRIMER): Artikel Penelitian. .
- Teklemariam, A., Al-hindi, R., Albiheyri, R., Alharbi, M., Alghamdi, M., Filimban, A., et al. 2023. Human Salmonellosis : A Continuous Global Threat in the Farm-to-Fork Food Safety Continuum. Foods. 12(1756):1–26.
- Theana, M., Mahdiyah, D., Rahmadani. 2024. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Gambir (*Uncaria gambir* (hunter) Roxb) terhadap Bakteri *Salmonella typhi*. Sains Medisina. 2(3):99–109.
- Ugha, K. B., Rini, D. I., Koamesah, S. M. J. 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* secara *In Vitro*. Cendana Medical Journal. 17(2):149–157.
- Vinca, D. T., Iqbal, M., Triyandi, R., Oktarlina, R. Z. 2023. Artikel Review: Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. Jurnal Medula. 13(4):649–54.
- Wandira, E., Sari, D. A. I. P., Artini, K. S. 2022. Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam) dan Daun Katuk (*Sauvagesia androgynus* (L) Merr) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. WARTA BHAKTI HUSADA MULIA: Jurnal Kesehatan. 9(2):1–8.
- Wardaniati, I., Gusmawarni, V. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Propolis terhadap *Streptococcus mutans*. Jurnal Farmasi Higea. 13(2):115–123.
- Wulandari, A., Farida, Y., Taurhesia, S. 2020. Perbandingan Aktivitas Ekstrak Daun Kelor dan Teh Hijau Serta Kombinasi Sebagai Antibakteri Penyebab Jerawat. Jurnal Fitofarmaka Indonesia. 7(2):23–29.
- Yanuary, R., Toding, F. A., Nurhaliza, S. 2024. Edukasi Pemanfaatan Jahe Untuk Meningkatkan Sistem Imun Tubuh di Desa Powelua, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat. 5(2):223–228.
- Yunilawati, R., Rahmi, D., Handayani, W., Imawan, C. 2021. Minyak Atsiri Sebagai Bahan Antimikroba dalam Pengawetan Pangan. In *Minyak Atsiri: Produksi dan Aplikasinya untuk Kesehatan*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press (Bookchapter Unnes).
- Zhang, S., Kou, X., Zhao, H., Mak, K. K., Balijepalli, M. K., Pichika, M. R. 2022. *Zingiber officinale var. rubrum*: Red Ginger's Medicinal Uses. Molecules. 27(3):1–31.