

**UJI ANTIBAKTERI KOMBINASI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)  
DAN KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**NATILATUS SOFA**

**NIM: 210602110023**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**UJI ANTIBAKTERI KOMBINASI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)  
DAN KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**NATILATUS SOFA**

**NIM: 210602110023**

**Diajukan Kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

**untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam**

**Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**JURUSAN BIOLOGI**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**

**MALANG**

**2025**

**UJI ANTIBAKTERI KOMBINASI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)  
DAN KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus* ISOLAT PUS**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**NATILATUS SOFA**

**NIM: 210602110023**

**Telah disetujui dan disahkan**

**pada tanggal: 26 Juni 2025**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Dr. Kiptiyah, M.Si.**

**NIP. 197310052002122003**



**Didik Wahyudi, M.Si**

**NIP. 198601022018011001**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Biologi**



**Prof. Dr. Erika Sandi Savitri, M.P**

**NIP. 197410182003122002**

**UJI ANTIBAKTERI KOMBINASI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)  
DAN KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus* ISOLAT PUS**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**NATILATUS SOFA**

**NIM. 210602110023**

**Telah dipertahankan  
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai  
salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si.)  
Tanggal: 26. Juli. 2025**

<b>Ketua penguji</b>	<b>Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si.</b> NIP. 19671113 199402 2 001	 (.....)
<b>Anggota penguji I</b>	<b>Tyas Nyonita Punungsari, M.Sc.</b> NIP. 19920507 201903 2 026	 (.....)
<b>Anggota penguji II</b>	<b>Dr. Kiptiyah, M.Si.</b> NIP. 197310052002122003	 (.....)
<b>Anggota penguji III</b>	<b>Didik Wahyudi, M.Si</b> NIP. 198601022018011001	 (.....)



**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi**

**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.**  
NIP. 19741018 200312 2 002

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya dan hidayah-Nya serta memberikan kemudahan, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Tak lupa juga shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan untuk Baginda Nabi Muhammad SAW. Sebagai ungkapan syukur, skripsi ini dengan bangga penulis persembahkan untuk orang-orang yang telah berkontribusi serta mendukung penulis selama ini, khususnya:

1. **Ibunda tercinta**, Ibu Syahadatun, sosok ibu yang telah memberikan kontribusi besar dalam perjalanan hidup penulis. Beliau tidak hanya memberikan dukungan moral dan material yang tiada henti, tetapi juga selalu mengiringi setiap langkah penulis dengan doa-doa yang tak pernah putus. Terima kasih atas semua pengorbanan, kasih sayang, dan kepercayaan yang telah diberikan. Semoga penulis dapat membanggakan beliau di dunia dan akhirat.
2. **Almarhum Ayahanda tercinta**, Bapak Buayyin, meskipun kini telah berpulang ke rahmatullah, namun sosok beliau tetap menjadi inspirasi dan kekuatan bagi penulis. Setiap pencapaian ini adalah untuk beliau yang telah mengajarkan arti perjuangan dan ketabahan. Semoga Allah SWT menempatkan beliau di tempat yang mulia dan memberikan ampunan-Nya.
3. **Kakak Tercinta**, mba Silviah Nuroch, sosok kakak yang telah menjadi pendengar setia, pemberi semangat, dan sumber inspirasi bagi penulis. Terima kasih atas dukungan, nasihat, dan kehadiran yang selalu memberikan kekuatan di saat-saat sulit.
4. **Kembaran tercinta**, Natilatus Sofi, sosok yang selalu hadir dalam suka dan duka, yang memahami penulis tanpa perlu banyak kata. Terima kasih telah menjadi partner terbaik dalam menjalani perjalanan hidup ini. Semoga kita selalu bisa saling mendukung dan mencapai kesuksesan bersama.
5. **Teman-teman kelas Glory A**, yang telah menjadi keluarga kedua selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, diskusi, tawa, dan dukungan yang tak ternilai. Kalian telah mewarnai hari-hari perkuliahan dengan indah dan bermakna.

6. **Teman-teman asrama RBT Al-Khansa'**, yang telah menemani hari-hari penulis dengan penuh kehangatan. Terima kasih atas persahabatan, dukungan, dan kenangan indah yang telah tercipta bersama. Semoga ikatan persaudaraan kita tetap terjaga selamanya.
7. **Diri sendiri**, terima kasih telah bertahan hingga titik ini, melewati segala rintangan dan tantangan dengan tabah. Terima kasih telah tidak pernah menyerah meskipun dalam keadaan terpuruk, dan selalu ingat bahwa Allah SWT, keluarga, dan diri sendiri adalah kekuatan yang tak akan pernah meninggalkan. Semoga skripsi ini menjadi awal dari pencapaian-pencapaian yang lebih besar dan dapat memberikan manfaat bagi banyak orang. Aamiin ya rabbal alamiin.

## **MOTTO**

*"God helps those who help themselves."*

" Tuhan menolong mereka yang menolong diri mereka sendiri."

**- Benjamin Franklin -**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Natilatus Sofa  
NIM : 210602110023  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Uji Antibakteri Kombinasi Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dan Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees) Terhadap *Staphylococcus aureus*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan,



Natilatus Sofa  
NIM. 210602110023

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**UJI ANTIBAKTERI KOMBINASI BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)  
DAN KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmannii*, Nees & T. Nees)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus***

Natilatus Sofa, Kiptiyah, Didik Wahyudi

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri  
Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRAK**

Meningkatnya resistensi antibiotik, terutama pada *Staphylococcus aureus* galur MRSA, telah menjadi masalah serius dalam penanganan infeksi kulit dan jaringan lunak. Penggunaan antibiotik sintesis secara terus-menerus tidak hanya meningkatkan risiko resistensi, tetapi juga menimbulkan efek samping terhadap mikrobiota normal kulit. Penelitian ini bertujuan menguji aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) terhadap *S. aureus* melalui pengukuran zona hambat dengan difusi sumuran. Selanjutnya diuji KHM dan KBM menggunakan metode dilusi. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96%. Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumuran pada variasi konsentrasi ekstrak tunggal (20%, 30%, 40%, 60%) dan kombinasi (40%:20%, 30%:30%, 20%:40%) dengan kontrol klindamisin dan aquades. Penentuan KHM dan KBM dilakukan dengan metode dilusi. Hasil menunjukkan kombinasi ekstrak memberikan aktivitas antibakteri lebih kuat dibandingkan ekstrak tunggal. Zona hambat pada perbandingan 40%:20%, 30%:30%, dan 20%:40% berturut-turut adalah  $13,43 \pm 0,06$  mm,  $14,51 \pm 0,07$  mm, dan  $15,57 \pm 0,17$  mm (kategori kuat). Nilai KHM optimal diperoleh pada perbandingan EBP 40%: EKM 20% dengan jumlah koloni  $4,6 \times 10^5$  CFU/mL, sedangkan nilai KBM terbaik pada perbandingan EBP 30%: EKM 30%. Kombinasi ekstrak menunjukkan efek sinergis yang menghasilkan aktivitas antibakteri optimal dan berpotensi sebagai alternatif antibakteri alami dalam mengatasi resistensi antibiotik.

**Kata Kunci:** Antibakteri, *Allium sativum*, *Cinnamomum burmannii*, MRSA, *Staphylococcus aureus*.

**ANTIBACTERIAL TEST OF GARLIC (*Allium sativum* L.) AND  
CINNAMON BARK (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees)  
COMBINATION AGAINST *Staphylococcus aureus***

Natilatus Sofa, Kiptiyah, Didik Wahyudi

Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik  
Ibrahim Malang State Islamic University

**ABSTRACT**

The increasing antibiotic resistance, particularly in *Staphylococcus aureus* MRSA strains, has become a serious problem in the treatment of skin and soft tissue infections. Continuous use of synthetic antibiotics not only increases the risk of resistance but also causes side effects on normal skin microbiota. This study aims to test the antibacterial activity of combined ethanol extract of garlic (*Allium sativum* L.) and cinnamon bark (*Cinnamomum burmannii*) against *S. aureus* through inhibition zone measurement using the well diffusion method. Subsequently, Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) were tested using the dilution method. Extraction was performed using maceration method with 96% ethanol. Antibacterial activity testing used the well diffusion method at various concentrations of single extract (20%, 30%, 40%, 60%) and combinations (40%:20%, 30%:30%, 20%:40%) with clindamycin and distilled water as controls. MIC and MBC determination was conducted using the dilution method. Results showed that combined extracts provided stronger antibacterial activity compared to single extracts. Inhibition zones at ratios of 40%:20%, 30%:30%, and 20%:40% were  $13.43 \pm 0.06$  mm,  $14.51 \pm 0.07$  mm, and  $15.57 \pm 0.17$  mm respectively (strong category). The optimal MIC value was obtained at the ratio of garlic extract 40%: cinnamon extract 20% with colony count of  $5.5 \times 10^2$  CFU/mL, while the best MBC value was at the ratio of garlic extract 30%: cinnamon extract 30%. The extract combination showed synergistic effects that produce optimal antibacterial activity and has potential as a natural antibacterial alternative in overcoming antibiotic resistance. Keywords: Antibacterial, *Allium sativum*, *Cinnamomum burmannii*, MRSA, *Staphylococcus aureus*.

**Keywords:** antibacterial, *Allium sativum*, *Cinnamomum burmannii*, MRSA, *Staphylococcus aureus*.

وقشرة القرفة (*Allium sativum* L.) اختبار مضاد البكتيريا لتركيبية اختبار مضاد البكتيريا لتركيبية الثوم  
(*Cinnamomum burmanii* Nees & T. Nees) ضد *Staphylococcus aureus*  
المعزولة من القيح *aureus*

ناتيلاتوس صوفا، كيبية، ديديك واهيودي

قسم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا ملك إبراهيم الإسلامية - مالنغ

### مستخلص البحث

إن تزايد مقاومة المضادات الحيوية، خصوصاً في سلالات *Staphylococcus aureus* المقاومة للميثيسيلين (MRSA)، أصبح مشكلة خطيرة في علاج العدوات الجلدية وُعدوات الأنسجة الرخوة. فإن الاستعمال المستمر للمضادات الحيوية الصناعية لا يزيد من خطر المقاومة فقط، بل يسبب أيضاً آثاراً جانبية على الميكروبيوتا الطبيعية للجلد. تهدف هذه الدراسة إلى اختبار النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلص إيثانولي مركب من الثوم وقزفة السيلان ضد بكتيريا *S. aureus*، وذلك من خلال قياس منطقة التثبيط باستعمال طريقة الانتشار بالآبار. تم تحديد التركيز المثبط الأدنى (MIC) والتركيز القاتل الأدنى (MBC) باستخدام طريقة التخفيف. تم الاستخلاص بطريقة التثبيط في كحول الإيثانول بنسبة ٩٦٪. وتم تطبيق طريقة الانتشار بالآبار لاختبار النشاط، وذلك على تراكيز مختلفة من المستخلص المفرد (٢٠٪، ٣٠٪، ٤٠٪، ٦٠٪)، والمركبات (٢٠٪:٤٠٪، ٣٠٪:٣٠٪، ٢٠٪:٤٠٪)، مع كليندامايسين والماء المقطر كعوامل سيطرة. أظهرت النتائج أن المستخلصات المركبة قدمت نشاطاً مضاداً أقوى للبكتيريا مقارنة بالمفردات. كانت أقطار مناطق التثبيط لانسب (٢٠٪:٤٠٪)، (٣٠٪:٣٠٪)، و (٢٠٪:٤٠٪) على التوالي: ١٣,٤٣ ± ٠,٠٦، ١٤,٥١ ± ٠,٠٧، و ١٥,٥٧ ± ٠,١٧ مليمتر (فئة قوية). تم الحصول على أفضل قيمة لـ MIC عند نسبة ٤٠٪ ثوم : ٢٠٪ قزفة، بعدد مستعمرات  $١٠^2 \times ٥,٥$  CFU/mL، فيما كانت أفضل قيمة لـ MBC عند نسبة ٣٠٪ : ٣٠٪. تُظهر تراكيب المستخلص تأثيرات تآزرية تُنتج نشاطاً مثالياً ضد البكتيريا، مما يشير إلى إمكانية استخدامها كبديل طبيعي لمكافحة مقاومة المضادات الحيوية.

الكلمات المفتاحية: مضاد للبكتيريا، الثوم، القرفة، MRSA، المكورات العنقودية الذهبية

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Umbi Bawang Putih (*Allium sativum*) dan Umbi Bawang Merah (*Allium cepa*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*”. Tidak lupa sholawat serta salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. Yang telah menegakkan agama islam yang terpatri hingga akhir zaman. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu menyelesaikan skripsi ini, terkhusus kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Kepala Program studi Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. Ulfah Utami, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dari awal hingga akhir studi.
5. Dr. Kiptiyah, M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran.
6. Didik Wahyudi, M.Si, selaku dosen pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan terkait integrasi sains dan islam.
7. Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si, selaku dosen penguji utama yang telah meluangkan waktu dan memberikan evaluasi serta masukan yang sangat berharga untuk kesempurnaan skripsi ini.
8. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc, selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan yang membangun demi perbaikan kualitas penelitian ini

Semoga segala kebaikan yang diberikan oleh beberapa pihak tersebut kepada penulis mendapatkan balasan kebaikan dari Allah SWT. Penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kesalahan yang dilakukan penulis dan berharap adanya kritik

dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan rida-Nya kepada kita semua.  
Aamiin

Malang, 26 Juni 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	viii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....	ix
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
مستخلص البحث.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	11
1.3 Tujuan Penelitian.....	11
1.4 Hipotesis Penelitian.....	12
1.5 Manfaat Penelitian.....	12
1.6 Batasan Masalah.....	13
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>14</b>
2.1 Bawang Putih ( <i>Allium sativum</i> L.) .....	14
2.1.1 Klasifikasi Bawang Putih.....	14
2.1.2 Deskripsi Tanaman .....	14
2.1.3 Morfologi .....	18
2.1.4 Ekologi dan Penyebaran .....	19
2.1.5 Manfaat Kandungan Bawang Putih .....	20
2.1.6 Analisis Fitokimia Bawang Putih .....	21
2.1.6.1 Fenolik .....	23
2.2 Kayu Manis ( <i>Cinnamomum burmanii</i> Nees & T. Nees) .....	29
2.2.1 Klasifikasi Kayu Manis .....	29

2.2.2 Deskripsi Tanaman .....	29
2.2.3 Morfologi .....	30
2.2.4 Ekologi dan Penyebaran .....	32
2.2.5 Manfaat Kandungan Kulit Kayu Manis .....	34
2.2.6 Analisis Fitokimia Kulit Kayu Manis .....	35
2.3 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	43
2.3.6 Deskripsi .....	43
2.3.7 Patogenitas Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Sebagai Agen Selulitis ....	46
2.3.8 Resistensi Antibiotik <i>Staphylococcus aureus</i> .....	50
2.4 Antibakteri .....	52
2.4.6 Pengertian Antibakteri .....	52
2.4.7 Mekanisme Antibakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	54
2.5 Metode Ekstraksi .....	56
2.5.6 Ekstraksi Maserasi .....	56
2.5.7 Pelarut Ekstraksi .....	58
2.6 Metode Uji Antibakteri .....	59
2.6.6 Metode Dilusi .....	59
2.6.7 Metode Difusi .....	60
2.6.8 Pengujian Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) .....	62
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>64</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	64
3.2 Waktu dan Tempat .....	65
3.3 Alat dan Bahan .....	65
3.3.1 Alat .....	65
3.3.2 Bahan .....	65
3.4 Prosedur Penelitian .....	66
3.4.1 Preparasi Sampel .....	66
3.5 Prosedur Uji Aktivitas Antibakteri .....	66
3.5.1 Sterilisasi Alat .....	66
3.6 Teknik Analisis Data .....	72
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>74</b>
4.1 Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol ( <i>Allium sativum</i> dan <i>Cinnamomum burmannii</i> ) .....	74

4.2 Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Kombinasi Ekstrak.....	84
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>95</b>
5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran.....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>104</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil uji fitokima umbi bawang Putih.....	23
Tabel 2.2 Hasil uji fitokima Kayu Manis.....	37
Tabel 2.3 Kriteria Kekuatan Antibakteri.....	62
Tabel 3.1 Formula kombinasi ekstrak umbi bawang putih dan kulit kayu manis..	65
Tabel 3.2 Formulasi Sampel Uji.....	70
Tabel 3.3 Kategori Perhitungan Zona Hambat.....	72
Tabel 4.1 Hasil Uji Asumsi dan Analisis Varians (ANOVA) Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih dan Kayu Manis terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .....	74
Hasil Uji Diameter Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih dan Kayu Manis Pada Pertumbuhan Bakteri <i>S. aureus</i> .....	76
Tabel 4.2 Hasil Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Ekstrak Etanol Bawang Putih dan Kayu manis terhadap <i>S. aureus</i> .....	85
Tabel 4.4 Hasil Uji KHM dan KBM Berdasarkan Perhitungan TPC (CFU/ml....	87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Bawang Putih ( <i>Allium sativum</i> L.) .....	19
Gambar 2.2 Flavonoid.....	25
Gambar 2.3 Senyawa Allicin.....	28
Gambar 2.4 Kulit Kayu Manis ( <i>Cinnamomum burmannii</i> Nees & T. Nees).....	37
Gambar 2.5 Flavonoid.....	38
Gambar 2.6 Triterpenoid .....	39
Gambar 2.7 <i>Staphylococcus aureus</i> hasil pewarnaan gram.....	46
Gambar 4.1 Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih (EBP) dan Kayu Manis (EKM) terhadap <i>S. aureus</i> .....	77
Gambar 4.1 Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih (EBP) dan Kayu Manis (EKM) terhadap <i>S. aureus</i> .....	78

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan resistensi antibiotik saat ini telah mengancam kesehatan dunia. Salah satu mikroorganisme yang menjadi perhatian utama adalah *Staphylococcus aureus*, bakteri gram-positif dalam bentuk *coccus* yang banyak ditemukan pada flora normal *nares anterior* dan lapisan luar dan internal kulit tubuh manusia (Marliza *et al.*, 2023). Sekitar 15% populasi membawa *Staphylococcus aureus* secara terus-menerus di *nares anterior*, dengan tingkat kolonisasi mencapai 80% pada kelompok berisiko tinggi seperti pekerja layanan kesehatan, pengguna jarum suntik, pasien rawat inap, dan individu dengan gangguan imunitas (Taylor & Unakal, 2023).

Meningkatnya kasus infeksi *S. aureus* yang resisten terhadap antibiotik telah menjadi perhatian global. Pada tahun 2017, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memasukkan *S. aureus* sebagai bakteri patogen dalam daftar "prioritas tinggi" yang membutuhkan antibiotik generasi baru (WHO, 2017). Pada tahun 1960-an, MRSA (*Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*) telah meningkat secara signifikan, dan dikaitkan dengan peningkatan tingkat morbiditas dan mortalitas yang lebih tinggi (Gould, 2009). Berdasarkan data WHO (2024), infeksi MRSA (*Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*) menyebabkan sekitar 100.000 kematian setiap tahun di seluruh dunia, dengan tingkat resistensi mencapai 50-60% di banyak negara, termasuk Indonesia. Preferensi MRSA di Asia bervariasi dan mencapai 86,4% di Iran, 59% di Malaysia, 26,4% di Taiwan, 17,3% di Cina, 70% di Hong

Kong, 5% di Filipina, 38,5-48,1% di Singapura, dan Pakistan 11,5% (Fitria *et al.*, 2021).

Infeksi kulit dan jaringan lunak (SSTI) merupakan salah satu bentuk infeksi yang paling umum disebabkan oleh *S. aureus* termasuk MRSA. Dalam beberapa dekade terakhir, kasus SSTI (*skin and soft tissue infections*) *S. aureus* telah menunjukkan peningkatan yang signifikan (Kaye *et al.*, 2019). Secara global, kasus SSTI diperkirakan terjadi sekitar 300 juta setiap tahunnya. Di Indonesia, SSTI berada di urutan ketiga dari sepuluh penyakit terbanyak, dengan prevalensi berkisar antara 4,60% hingga 12,95% (Lestari, 2022). Data Kementerian Kesehatan tahun 2020 menunjukkan bahwa penyakit kulit di Indonesia mencapai 49% kasus per 10.000 penduduk dengan 4,2 kasus baru per 100.000 penduduk (Kemenkes RI, 2020). MRSA sendiri dilaporkan menjadi penyebab berbagai infeksi serius termasuk selulitis (6%), syok septis (56%), pneumonia (32%), endocarditis (19%), dan bakteremia (10%) (Gould, 2009; Green *et al.*, 2012).

Selulitis merupakan inflamasi jaringan subkutan yang disebabkan oleh infeksi bakteri terutama *S. aureus*, yang biasanya dimulai dari luka kecil yang terkontaminasi. Selulitis adalah salah satu gejala SSTI yang memerlukan perhatian khusus, karena apabila tidak ditangani dengan tepat, kondisi ini dapat berkembang menjadi toksemia sistemik dan limfedema kronis yang berpotensi menyebabkan infeksi berulang (Firnanda & Lisdiana, 2025). Selulitis memiliki fase insiden tinggi, dengan sekitar 24,6% kasus per 1.000 pasien setiap tahunnya, dan angka kejadian selulitis terus meningkat dari tahun ke tahun (Rositawati A & Sawitri, 2016).

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan peningkatan kasus selulitis setiap tahunnya. Hasil penelitian yang dilakukan di RSUD Dr. Soetomo Surabaya

pada tahun 2012-2014 mencatat 29 kasus baru selulitis (67,4%) dari total 43 kasus (Novarina & Sawitri, 2020). Penelitian di RSUP Prof. Ngoerah Denpasar dari 2019 hingga 2021 mencatat 336 kasus baru selulitis (77,1%) dari 436 pasien yang mengalami infeksi kulit selulitis dan erisipelas (Devi *et al.*, 2024). Data terbaru dari Poliklinik Dermatologi dan Venereologi RS USU Medan periode 2020-2022 menunjukkan peningkatan yang konsisten dari 10 kasus (8,3%) pada tahun 2020, meningkat menjadi 40 kasus (33,3%) pada tahun 2021, hingga 70 kasus (58%) pada tahun 2022 dengan total 120 kasus yang mewakili 2,44% dari 4.916 kunjungan pasien (Lubis *et al.*, 2024).

Tingginya angka resistensi *S. aureus* terhadap beberapa jenis antibiotik menyebabkan masalah serius dalam pengobatan. Penelitian di RSUD dr. Moewardi menunjukkan 30,19% isolat *S. aureus* dari spesimen pus, resisten terhadap beberapa antibiotik dengan tingkat resistensi sampai 93,75% terhadap amoksisilin dan 87,5% terhadap tetrasiklin. Resistensi terhadap metisilin bahkan menghasilkan resistensi terhadap semua sefalosporin dan penisilin yang resisten terhadap beta-laktamase (Apriliana *et al.*, 2019). Karena munculnya strain yang resisten terhadap banyak antibiotik, seperti MRSA (*Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap methicillin) sehingga saat ini pengobatannya masih sulit. Bakteri *S. aureus* galur MRSA, resisten terhadap banyak antibiotik seperti methicillin, penicillin, oxacillin, cloxacillin, cefazolin, cefoxitin, dan antibiotik lainnya. Bakteri *S. aureus* biasanya tidak menyebabkan infeksi pada kulit yang sehat, tetapi jika masuk ke jaringan internal atau aliran darah, bakteri ini dapat menyebabkan banyak infeksi yang berbahaya (Taylor & Unakal, 2023).

Melihat kompleksitas permasalahan resistensi antibiotik diatas, dan tingginya angka kasus SSTI, khususnya selulitis, sehingga memerlukan adanya alternatif pengobatan yang efektif, aman, dan terjangkau. Penggunaan antibiotik konvensional yang terus-menerus dapat menyebabkan peningkatan resistensi dan munculnya efek samping, sehingga diperlukan strategi pengobatan baru. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan ekstrak tumbuhan yang telah terbukti efektif melawan mikroorganisme patogen (Purnomo *et al.*, 2020). Dalam pandangan Islam, kesembuhan dari penyakit tidak terlepas dari kuasa Allah SWT. Allah memiliki kuasa untuk menyembuhkan hambanya yang sakit, namun pastinya harus diiringi ikhtiar dan keyakinan untuk sembuh. Al-Quran menegaskan bahwa hanya Allah yang dapat menyembuhkan segala penyakit yang di derita manusia. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT di dalam Al-Quran Surah Asy-Syu'ara ayat 80:

وَإِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya: “Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkanku.” (Asy-Syuara [26]: 80).

Menurut Shihab (2002) dalam Tafsir Al-Misbah, penggunaan kata “*idza*” (apabila) dalam firman Allah “وَإِذَا مَرِضْتُ” (dan apabila aku sakit) menunjukkan bahwa sakit adalah bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia. Nabi Ibrahim a.s. dengan sengaja tidak mengatakan “apabila Allah membuatku sakit,” melainkan langsung menyatakan bahwa Allah-lah yang menyembuhkan penyakit. Hal ini menunjukkan pandangan yang penuh adab dalam menyandarkan hal-hal yang baik kepada Allah, sementara sesuatu yang tampak buruk seperti sakit tidak langsung disandarkan kepada-Nya, meskipun pada hakikatnya semua yang terjadi tetap dalam Kehendak Allah. Az-Zuhayli (2005) dalam Tafsir Al-Munir juga

menegaskan bahwa ungkapan “jika aku sakit” adalah bentuk penghormatan kepada Allah, karena dalam akhlak kenabian, keburukan tidak layak disandarkan kepada Tuhan secara langsung. Dalam Islam, konsep penyembuhan dipahami sebagai proses yang melibatkan usaha manusia, namun hasilnya tetap dalam kuasa Allah (Al-Kattani, dkk., 2016). Menurut Katsir (1923) kata *yasyfīni* (Dialah yang menyembuhkanku) menegaskan bahwa Allah memiliki peran langsung dalam memberi kesembuhan dengan sifat-Nya yang Maha Penyembuh (Ghoffar & al-Atsari, 2004). Sakit seringkali menjadi pengingat, bahwa di balik kesehatan yang biasa kita anggap remeh, ada nikmat besar yang layak disyukuri. Secara ilmiah, penyakit bisa disebabkan oleh banyak hal, termasuk kelalaian manusia dalam menjaga kesehatan atau paparan mikroorganisme patogen. Namun, pengetahuan tentang itu semua justru menjadi bagian dari ikhtiar yang juga dianjurkan dalam ajaran Islam. Maka, usaha medis dan ilmu pengetahuan adalah bentuk nyata dari tawakal yang aktif, bukan pasrah, tapi terus mencari sebab dengan keyakinan bahwa hasilnya tetap dari Allah (Padilah *et al.*, 2024).

Dalam upaya mencari alternatif pengobatan yang tepat, pencegahan dan pengobatan penyakit saat ini sudah banyak dikembangkan menggunakan tanaman obat. Diantara berbagai tanaman yang diteliti, bawang putih (*Allium sativum L.*) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmanni* Nees & T. Nees) merupakan tanaman yang telah digunakan secara empiris dalam pengobatan tradisional (Salem *et al.*, 2023). Kedua tanaman ini termasuk rempah yang banyak dikenal dan umum digunakan sebagai bumbu masakan. Bawang putih (*Allium sativum L.*) memiliki potensi farmakologis karena kandungan senyawa aktifnya yang kompleks. Beberapa penelitian melaporkan bahwa bawang putih tidak hanya berfungsi sebagai

antibakteri, tetapi juga mampu mengobati luka bakar, infeksi pernafasan, antioksidan (Qurratul & Shovitri, 2018), aktivitas antiseptik, antiviral, antiinflamasi, dan berbagai efek terapeutik lainnya (Bhatwalkar *et al.*, 2021). Kandungan utama bawang putih meliputi berbagai senyawa sulfida termasuk allicin, methyl allil trisulfida, dan dialil trisulfida, serta tujuh komponen organosulfur utama seperti allin, isoallin, methin, cycloallin, dan gamma-1-glutamyl-Smethyl-1-cystein (Pudiarifanti & Farizal, 2022). Allicin merupakan senyawa bioaktif utama dengan aktivitas antibakteri spektrum luas, berfungsi dengan mengubah sifat protein, lipid, dan polisakarida pada membran sel bakteri yang mengakibatkan terganggunya integritas membran sel (Indrayati & Diana, 2020).

Efektivitas ekstrak bawang putih sebagai antibakteri telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Penelitian oleh Anggraini *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih dapat menghambat pertumbuhan *S. aureus* pada 40 mg/mL Pudiarifanti & Farizal (2022), melaporkan bahwa konsentrasi ekstrak bawang putih yang lebih tinggi menghasilkan zona penghambatan yang lebih besar terhadap *S. aureus*. Fahmi *et al.*, (2019) menemukan aktivitas antibakteri ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 250 µg/mL (25%) mampu menghambat *S. aureus* dengan zona hambat 6,6 mm. Potensi antibakteri umbi bawang putih dapat ditingkatkan melalui kombinasi dengan bahan lain, seperti penelitian yang dilakukan oleh Lestari & Hanum, (2019), menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak bawang putih dan ekstrak daun mengkudu menghasilkan zona hambat optimal pada perlakuan dengan perbandingan 10% ekstrak bawang putih dan 30% ekstrak daun mengkudu, dengan diameter zona hambat sebesar 12 mm. Demikian juga penelitian yang dilakukan

Sarfica *et al.* (2021) yang mengkombinasikan ekstrak bawang putih, jahe dan kunyit untuk mengetahui kemampuan ketiga tanaman diatas dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*. Berdasarkan hasil uji didapatkan bahwa kombinasi ekstrak bawang putih, jahe, dan kunyit dapat menghentikan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* lebih efektif pada perbandingan 1:2:3 dengan ukuran 16,66 mm.

Selain bawang putih, kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) juga memiliki potensi sebagai antibakteri alami. Tanaman ini tidak hanya berfungsi sebagai antibakteri, tetapi juga memiliki berbagai manfaat farmakologis seperti antimikroba, antifungi, antivirus, antioksidan, antitumor, antihipertensi, dan kolesterol, serta mengandung senyawa rendah lemak. Kulit kayu manis memiliki kandungan minyak atsiri, tanin, alkaloid, flavonoid, saponin dan triterpenoid (Waang & Budiana, 2024). Kandungan senyawa bioaktif utama yang bertanggung jawab atas aktivitas antibakteri pada kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) adalah sinamaldehyd (65-80%) dan eugenol (5-10%) (Vangalapati *et al.*, 2012; Patel *et al.*, 2022). Mekanisme kerja eugenol sebagai antibakteri dengan memecah dinding sel, merusak membran plasma dan protein membran, dan menghentikan aliran elektron dan transpor aktif bakteri. Sementara itu, sinamaldehyd mengikat protein membran sel dan menghambat pembentukan peptidoglikan dan enzim pada bakteri (Rumanti *et al.*, 2021).

Ekstrak etanol dari kulit kayu manis memiliki sifat antibakteri yang kuat terhadap bakteri *S. aureus* pada konsentrasi 75% dengan zona hambat 12,7 mm (Intan *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan Putri *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa ekstrak kulit kayu manis dengan konsentrasi 60% menghasilkan zona

hambat kuat yaitu 11,5 mm. Potensi antibakteri kayu manis dapat ditingkatkan melalui kombinasi dengan bahan lain, seperti penelitian yang dilakukan oleh Rumanti *et al.*, (2021), menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak jahe merah dan kulit kayu manis meningkatkan efektivitasnya terhadap *S. aureus* daripada penggunaan tunggalnya. Zona hambat yang dihasilkan memiliki diameter masing-masing sebesar 16,33 mm, 14,00 mm, 12,33 mm, 13,50 mm, dan 14,90 mm pada perbandingan konsentrasi 5%:40%, 10%:30%, 20%:20%, dan 30%:10%.

Tingginya efek samping dan kasus resistensi dari antibiotik konvensional serta melimpahnya keberagaman hayati di Indonesia, membuka peluang besar untuk pengembangan senyawa antibakteri alternatif dengan memanfaatkan senyawa bioaktif yang ada dalam berbagai tanaman. Potensi antimikroba umbi bawang putih dan kulit kayu manis telah banyak diteliti secara terpisah sebagai agen antibakteri. Namun, penelitian yang mengkombinasikan ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) sebagai antibakteri terhadap pertumbuhan *S. aureus*, hingga saat ini masih belum pernah dilakukan dan terdapat keterbatasan penelitian yang mengkaji pengaruh optimal dari kombinasi kedua tanaman tersebut. Selain itu, penelitian sebelumnya menemukan bahwa senyawa bioaktif yang berbeda dari umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) memiliki mekanisme antibakteri yang berbeda.

Bawang putih dengan kandungan allicin mengubah sifat protein, lipid dan polisakarida pada membran sel, sehingga dapat mengganggu integritas membran sel (Indrayati & Diana, 2020). Sementara kulit kayu manis yang kaya akan eugenol dan sinamaldehid melakukan mekanisme kerja yang berbeda namun saling

menguntungkan. Sinamaldehyd menghentikan pembentukan peptidoglikan dan enzim pada bakteri, sedangkan eugenol menghancurkan dinding sel dan memblokir aliran elektron dan transport aktif (Rumanti *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diharapkan kombinasi kedua tanaman ini akan memberikan efek sinergis, sehingga menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih optimal dan bersifat sinergis.

Menurut Lestari & Hanum, (2019) efek sinergis merupakan efek yang dihasilkan oleh kombinasi ekstrak dan memiliki zona hambat lebih luas dibandingkan dengan zona hambat yang dihasilkan oleh masing-masing ekstrak tunggal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium Sativum L.*) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) terhadap perkembangan bakteri *Staphylococcus aureus*. melalui pengukuran zona hambat, Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM). Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi karena metode ini sederhana, mudah dilakukan, dan dapat mengekstrak senyawa aktif tanpa menggunakan suhu tinggi sehingga mencegah kerusakan senyawa termolabil seperti allicin (Sarfica *et al.* 2021).

Pelarut etanol 96% digunakan karena pelarut universal yang baik untuk ekstraksi semua golongan senyawa metabolit sekunder yang didasarkan pada sifatnya yang mampu melarutkan hampir semua metabolit sekunder, memiliki toksisitas rendah, dan mudah diuapkan dibandingkan pelarut organik lainnya, tidak mudah ditumbuhi jamur, dan mempunyai daya serap yang baik. Selain itu, Kandungan senyawa antibakteri pada bawang putih lebih stabil dengan alkohol dibandingkan dengan air (Putri *et al.*, 2021). Pengujian aktivitas antibakteri dengan

dengan metode difusi sumuran untuk mengukur zona hambat karena metode ini memberikan hasil yang lebih sensitif dan memungkinkan ekstrak berdifusi secara optimal ke dalam media dibandingkan metode cakram (Chukwudi *et al.*, 2021). Penentuan KHM dilakukan dengan metode dilusi untuk mengetahui konsentrasi terendah yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri, sedangkan penentuan KBM dilakukan untuk mengetahui konsentrasi terendah yang dapat membunuh bakteri (Fitriana *et al.*, 2020).

Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi ekstrak tunggal dan kombinasi dengan rentang 20-60%. Untuk ekstrak tunggal bawang putih dan kayu manis digunakan konsentrasi masing-masing 20%, 30%, 40% dan 60%. Sementara itu, pada kombinasi ekstrak, digunakan tiga rasio perbandingan antara Ekstrak Bawang Putih (EBP) dan Ekstrak Kayu Manis (EKM), yaitu 40%:20%, 30%:30%, 20%:40%. Sebagai pembanding digunakan kontrol positif berupa klindamisin dan kontrol negatif berupa aquades. Pemilihan variasi konsentrasi ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Anggraini *et al.*, (2020) yang menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih menghambat pertumbuhan *S. aureus* pada konsentrasi 40% dengan kategori sedang. Sementara itu, penelitian Putri *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa ekstrak kulit kayu manis pada konsentrasi 60% menunjukkan zona hambat yang kuat, yaitu 11,5 mm. Variasi perbandingan konsentrasi pada kombinasi ekstrak juga bertujuan untuk mengevaluasi pola interaksi antara kedua ekstrak, termasuk kemungkinan dominasi efek antibakteri masing-masing ekstrak.

Klindamisin dipilih sebagai kontrol positif karena merupakan antibiotik yang efektif terhadap bakteri gram positif, khususnya *Staphylococcus aureus*, dan

memiliki mekanisme kerja yang menghambat sintesis protein bakteri. Sedangkan aquades digunakan sebagai kontrol negatif karena merupakan pelarut yang tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteri (Fitriana *et al.*, 2020). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang pengembangan agen antibakteri alami berbasis kombinasi ekstrak tanaman sebagai alternatif yang lebih efektif dalam mengatasi masalah resistensi antibiotik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi kombinasi ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) terhadap zona hambat *Staphylococcus aureus*?
2. Berapa Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) kombinasi ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) terhadap *Staphylococcus aureus*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi ekstrak tunggal dan kombinasi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) terhadap zona hambat *Staphylococcus aureus*.
2. Menganalisis konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum kombinasi ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) terhadap *Staphylococcus aureus*.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, hipotesis penelitian ini adalah:

- H0: Ekstrak tunggal dan kombinasi ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) tidak memiliki efek antibakteri yang signifikan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.
- H1: Ekstrak tunggal dan kombinasi ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) memiliki efek antibakteri yang signifikan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

### 1.1.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa data eksperimental ilmiah tentang potensi aktivitas antibakteri dari kombinasi ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees). Hasil penelitian ini dapat memperkaya khazanah pengetahuan di bidang fitofarmaka, khususnya terkait pengembangan antimikroba alami, serta dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

### 1.1.2 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh industri farmasi sebagai landasan ilmiah dalam pengembangan sediaan antibakteri berbahan alami, terutama untuk mengatasi infeksi yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*. Penelitian ini juga

membuka peluang untuk pengembangan produk obat baru yang dapat menjadi alternatif dalam mengatasi masalah resistensi antibiotik.

### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) yang digunakan merupakan simplisia yang diperoleh dari PT Materia medica, Batu Malang.
2. Bakteri uji yang digunakan dalam penelitian adalah *Staphylococcus aureus* isolate pus yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.
3. Pembuatan ekstrak dilakukan dengan ekstraksi metode maserasi pada pelarut etanol 96%.
4. Ekstrak umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) yang digunakan dibuat dengan kombinasi konsentrasi 20%:40%, 30%:30%, dan 40%:20%.
5. Parameter yang diamati meliputi uji zona hambat dengan metode difusi sumuran, penentuan KHM dengan metode dilusi, dan penentuan KBM.
6. Interpretasi zona hambat berdasarkan standar Davis & Stout (1971).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bawang Putih (*Allium sativum* L.)**

##### **2.1.1 Klasifikasi Bawang Putih**

Bawang putih merupakan tanaman dari marga *Allium* dan suku Amaryllidaceae. Taksonomi bawang putih (*Allium sativum* L.) secara lengkap dapat di klasifikasikan menurut (Zulkarnain, 2022) sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Tracheophyta  
Sub-Divisi : Spermatophytina  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Asparagales  
Famili : Amaryllidaceae  
Genus : *Allium*  
Spesies : *Allium sativum* L.

##### **2.1.2 Deskripsi Tanaman**

Keanekaragaman tumbuhan Indonesia memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber alami yang memiliki manfaat obat. Berbagai jenis tanaman tumbuh di tanah Indonesia, termasuk tanaman herbal yang telah lama digunakan oleh masyarakat untuk kesehatan dan pengobatan tradisional. Bawang putih (*Allium sativum* L.), adalah salah satu tanaman herbal yang memiliki banyak manfaat medis. Dalam surat Al-Baqarah ayat 61, bawang putih disebutkan dalam Al-Qur'an sebagai berikut:

﴿وَإِذْ قُلْتُمْ يُمُوسَىٰ لَنْ نَصْبِرَ عَلَىٰ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ مِنْ بَقْلِهَا وَقِثَّائِهَا وَفُومِهَا وَعَدَسِهَا وَبَصِلَهَا ۗ قَالَ أَتَسْتَبْدِلُونَ الَّذِي هُوَ أَدْنَىٰ بِالَّذِي هُوَ خَيْرٌ ۗ اهْبِطُوا مِصْرًا فَإِنَّ لَكُمْ مَّا سَأَلْتُمْ ۗ وَضُرِبَتْ عَلَيْهِمُ الذَّلِيلَةُ وَالْمَسْكَانَةُ وَبَاءَؤُا وَبَغَضِبَ مِنَ اللَّهِ ذَٰلِكَ بِأَنَّهُمْ كَانُوا يَكْفُرُونَ بِآيَاتِ اللَّهِ وَيَقْتُلُونَ النَّبِيِّنَ بِغَيْرِ الْحَقِّ ۗ ذَٰلِكَ بِمَا عَصَوْا وَكَانُوا يَعْتَدُونَ ﴿٦١﴾﴾

Artinya: “(Ingatlah) ketika kamu berkata, “Wahai Musa, kami tidak tahan hanya (makan) dengan satu macam makanan. Maka, mohonkanlah kepada Tuhanmu untuk kami agar Dia memberi kami apa yang ditumbuhkan bumi, seperti sayur-mayur, mentimun, bawang putih, kacang adas, dan bawang merah.” Dia (Musa) menjawab, “Apakah kamu meminta sesuatu yang buruk sebagai ganti dari sesuatu yang baik? Pergilah ke suatu kota. Pasti kamu akan memperoleh apa yang kamu minta.” Kemudian, mereka ditimpa kenistaan dan kemiskinan, dan mereka (kembali) mendapat kemurkaan dari Allah. Hal itu (terjadi) karena sesungguhnya mereka selalu mengingkari ayat-ayat Allah dan membunuh para nabi tanpa hak (alasan yang benar). Yang demikian itu ditimpakan karena mereka durhaka dan selalu melampaui batas.” QS. Al-Baqarah 2: 61).

Dalam QS. Al-Baqarah: 61, bawang putih disebutkan sebagai salah satu tanaman bumi yang diminta oleh Bani Israil kepada Nabi Musa AS, bersama dengan bawang merah dan sayur-mayur lainnya. At-Thabari (1912) menafsirkan kata “*fum*” dalam ayat ini sebagai bawang putih, salah satu tanaman yang Allah tumbuhkan di bumi berdasarkan ungkapan **تنبت الأرض** (ditumbuhkan bumi) (Afandi, dkk., 2008). Menurut Al-Qurtubi (1964), meskipun bawang putih dalam konteks ayat ini dinilai lebih rendah dari manna dan salwa, namun prinsip bahwa "memakan makanan yang baik dan lezat itu dibolehkan" menunjukkan bahwa bawang putih tetap merupakan makanan yang baik dan bermanfaat yang Allah ciptakan dengan hikmah tertentu (Fathurrahman & Hotib, 2007). Katsir (1932) mengungkapkan mengenai permintaan kaum Bani Israil terhadap sayur mayur salah satunya bawang putih karena bawang putih merupakan salah satu tanaman yang

mereka kenal (Ghoffar & al-Atsari, 2004). Ungkapan “tanaman yang mereka kenal” menunjukkan adanya pengakuan tas khasiat dari bawang putih. Hal ini diperkuat oleh Ibnu Qayyim dalam At-Tibb an-Nabawi yang menjelaskan bawang putih memiliki khasiat sebagai obat. Dalam sebuah hadis, Rasulullah Saw. tidak mengonsumsi bawang putih bukan karena tidak menyukai, tetapi karena beliau ingin bermunajat kepada malaikat, sehingga larangan tersebut bersifat khusus, bukan umum, dan bawang putih tetap dianjurkan karena manfaat kesehatannya (Jauziyah, 2019).

Bawang putih (*Allium sativum* L.) memiliki banyak manfaat kesehatan. Tanaman ini dapat digunakan sebagai antibiotik alami yang mampu mengatasi berbagai jenis infeksi pada tubuh. Komponen aktif berupa allicin yang terkandung di dalam bawang putih telah terbukti memiliki kemampuan menghambat dan membunuh proliferasi spektrum luas dari bakteri dan jamur. Bawang putih (*Allium sativum* L.) memiliki kemampuan detoksifikasi karena mengandung banyak vitamin C dan mineral dengan sifat antioksidan, khususnya selenium. Selain itu, bawang putih memiliki kemampuan memecah berbagai racun berbahaya dalam tubuh dan membantu mengeluarkannya, karena ada radikal bebas dan zat beracun yang dapat menyebabkan kanker (Lestari, 2021).

Tanaman bawang putih berasal dari genus *Allium* dan famili Amaryllidaceae. Spesies ini memiliki nama ilmiah *Allium sativum* L. dan sinonim taksonominya adalah *Porvium sativum* Rehb. Di Indonesia, bawang putih memiliki nama lokal yang berbeda-beda, tergantung pada kelompok etnisnya. Masyarakat Jawa Barat (Sunda) menyebutnya “bawang bodas” atau “bawang putih”, penduduk Jawa menyebut sebagai 'bawang', sementara di Madura disebut “bhabang pote”. Di

wilayah Sumatera, variasi penyebutan meliputi “lasun” (dalam bahasa Gayo), “palasuna” (dalam Bahasa Batak), dan “bawang putih” atau “dasun” (dalam bahasa Minangkabau). Secara internasional, bawang putih dikenal sebagai “garlic” Inggris. Beberapa negara di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik menggunakan istilah yang sama dengan Indonesia, seperti “bawang putih” di Malaysia, “bawang” di Filipina, dan “galik” di Papua Nugini.”(Harmayani *et al.*, 2024).

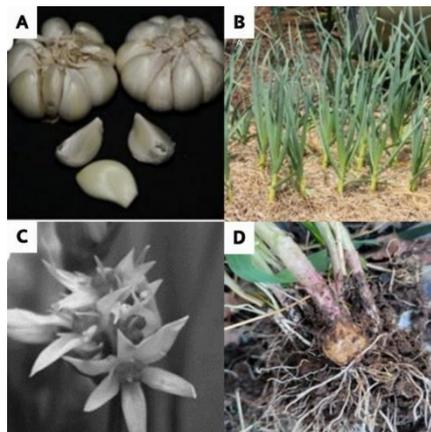
Sejak lama, masyarakat telah menggunakan bawang putih untuk mengobati beberapa penyakit. Bawang putih adalah tanaman herba semusim dengan ketinggian mencapai 30 hingga 60 cm. Bagian yang dimanfaatkan dari tanaman adalah umbi yang memiliki bau khas saat diremas. Rasa dan bau bawang putih yang khas berasal dari senyawa sulfur (belerang) yang ada dalam bawang putih. Aliin adalah salah satu senyawa sulfur yang sangat mudah berubah menjadi Alisin ketika umbi bawang putih dipotong, dicincang, atau dikunyah langsung. Enzim khusus yang disebut Alinase membantu proses perubahan Aliin menjadi Alisin (S. R. Lestari, 2021).

Karakteristik daun bawang putih sangat beragam dalam hal ukuran, bentuk, warna, ukuran, jumlah siung per umbi, aroma, dan kemampuan untuk berbunga serbat. Bawang putih adalah salah satu bumbu yang digunakan secara terus-menerus dalam sebagian besar jenis masakan Indonesia. Diperkirakan bahwa asal-usul bawang putih berada di Asia Tengah. Bawang putih saat ini ditanam secara luas di seluruh dunia sebagai tanaman makanan, pangan, rempah dapur, dan untuk kepentingan medis. Tanaman bawang putih menunjukkan pertumbuhan optimal pada ketinggian antara 600–1.100 meter di atas permukaan laut, dengan rata-rata

curah hujan tahunan berkisar 800–2.000 mm/tahun dan suhu udara 15-20°C, (Syukri, 2022).

### 2.1.3 Morfologi

Bawang putih memiliki umbi dengan karakteristik warna putih tersusun dari 8-20 siung (anak bawang), dan setiap siung dipisahkan oleh lapisan kulit tipis yang membedakan siung satu sama lain dan membentuk ikatan yang kuat. Lembaga di dalam siung memiliki daging pembungkus yang melindunginya dan dapat tumbuh di bawah pucuk siung. Batang pokok yang mengalami rudimentasi dikenal sebagai bagian dasar umbi. Dari bagian batangnya terbentuk sistem akar berbentuk serabut yang menyebar secara horizontal. Bukan pencari air dalam tanah, akar serabut ini hanya sebagai menghisap makanan. Daun bawang putih berbentuk pita. Daun tunggal dengan bentuk daun lanset yang tumbuh langsung dari pangkal batang (roset akar). Lembar daunnya berbentuk linier dengan permukaan datar, tepian rata, ujung meruncing, berwarna hijau, beralur, dan selubung daun semu. Panjangnya berkisar antara 30–60 cm dan lebarnya 1–2,5 cm, dan memiliki 7–10 helai per helaian daunnya (S. R. Lestari, 2021).



**Gambar 2.1** Morfologi Bawang Putih, A. Umbi Bawang putih, B. Daun Bawang putih, C. Bunga Bawang putih, D. Akar Bawang putih (Harmayani *et al.*, 2024)

Pelepah daun panjang adalah bagian dari batang semu. Bunga majemuk membentuk dengan infloresensi payung yang membulat dan berdiameter antara 4–9 cm terdiri dari tenda bunga yang memiliki enam tepala berbentuk telur bulat. Pada dasar perhiasan bunga terdapat enam buah stamen dengan panjang filamen antara 4-5 mm. Ovarium superior, yang terdiri dari tiga ruangan. Serta kapsul loculicidal kecil (Kristiananda *et al.*, 2022).

#### **2.1.4 Ekologi dan Penyebaran**

Bawang putih awalnya berasal dari pegunungan Tien Shan di Asia Tengah. Kemudian menyebar ke semua bangsa Mediterania. Bawang putih pertama kali ditemukan di Mesir pada tahun 3.000 SM. Di India dan Tiongkok, bawang putih termasuk tanaman yang sudah lama dikenal. Bawang putih dibawa ke Amerika oleh orang Spanyol, Portugis, dan Perancis (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2016). Sebaran lokasi pengembangan komoditas bawang putih di Indonesia adalah Jateng (Tegal) dan NTB (Lombok Timur) (Zulkarnain, 2022).

Bawang putih umumnya tumbuh di alam dataran tinggi. Meskipun demikian, terdapat beberapa varietas yang dapat hidup di dataran rendah. Tanah yang memiliki tekstur lempung pasir atau lempung berdebu dengan pH netral. Lahan tanaman ini harus dipastikan aman dari genangan air. Suhu dataran tinggi yang optimum untuk budidaya adalah 20–25°C dengan curah hujan tahunan 1.200–2.400 mm. Di sisi lain, suhu dataran rendah harus antara 27°C-30°C (Harmayani *et al.*, 2024). Kelembapan ideal bawang putih adalah antara 60-70%. Kelembapan yang terlalu tinggi menyebabkan infeksi patogen jamur seperti *Alternaria* spp. dan *Upas* spp. Oleh karena itu, pengairan yang baik sangat diperlukan selama musim kemarau. pH tanah yang ideal untuk pertumbuhan bawang putih adalah antara 6,0-

6,8. Untuk budidaya bawang putih, tanah harus dikapur satu bulan sebelum penanaman, karena akar bawang putih sangat sensitif terhadap pemberian kapur secara langsung. Namun, tanah dengan pH asam antara 5,5-7,5 dapat dikurangi dengan pengapuran (Kristiananda *et al.*, 2022).

### **2.1.5 Manfaat Kandungan Bawang Putih**

Selama lebih dari lima ribu tahun, bawang putih sudah digunakan sebagai pengobatan tradisional selama bertahun-tahun. Bawang putih adalah salah satu di antara tanaman budidaya tertua dunia yang telah dimanfaatkan sebagai komoditas pangan dan agen farmakologis tradisional. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa bawang putih mengandung setidaknya 33 komponen bioaktif, termasuk sulfur, 17 asam amino esensial dan non-esensial, beragam mineral, vitamin, serta lipid. Konsentrasi senyawa sulfur yang lebih tinggi daripada tanaman lain dalam famili Lillaceae merupakan penyebab banyak manfaat medis dan aroma bawang putih yang unik. Dalam pengobatan Yunani dan Romawi Kuno, umbi bawang putih digunakan untuk mengobati radang kulit (bisul), radang sendi, flu, batuk, dan penyakit kencing. Bawang putih juga digunakan sebagai antiseptik dan untuk meningkatkan fungsi otak (Syukri, 2022). Di beberapa wilayah dan kelompok etnik di Indonesia, masyarakat dan para pengobatan tradisional sering menggunakan beberapa ramuan yang mengandung bawang putih secara tunggal atau bersama tanaman lain. Kandungan kimia dalam bawang putih terdapat asam amino alin yaitu senyawa alisin, minyak atsiri yaitu, ajoen, alil alkohol, dialil disulfida, metil alil disulfida, dimetil trisulfida, alil metiltrisulfida, saponin dan flavonoid (S. R. Lestari, 2021).

Bawang putih merupakan salah satu tanaman yang disebutkan dalam Al-Quran dan Hadist Nabi Saw. yang juga memiliki berbagai khasiat medis seperti, anti-kanker, anti-mikroba, anti-jamur, anti-inflamasi, dan imunomodulator. Dalam pengobatan klinis, Bawang putih telah diaplikasikan secara topikal untuk mengatasi kondisi autoimun seperti alopecia (rambut rontok) dan kebotakan, dengan konsentrasi 5% bawang putih yang digunakan dua kali sehari selama periode tiga bulan. Untuk konsumsi harian, dosis 600-900 mg bubuk bawang putih kering yang setara dengan 1,8-2,7 gram atau sekitar 1-3 siung bawang putih segar (Syukri, 2022). Selain memiliki sifat antioksidan, bawang putih memiliki metabolit sekunder seperti mineral dan metabolit primer. Bawang putih telah digunakan selama berabad-abad sebagai bagian dari pengobatan tradisional dan makanan. Tanaman ini memiliki sifat antikanker, antidiabetes, antiinflamasi, antimikroba, antioksidan, dan proteksi kardiovaskular (Azmat *et al.*, 2023).

#### **2.1.6 Analisis Fitokimia Bawang Putih**

Dalam kajian fitokimia Glutamil-S-alil-l-sistein ditemukan dalam bawang putih utuh. Proses pengolahan seperti pemotongan atau penghalusan bawang putih memicu reaksi enzimatik yang penting. Ketika struktur sel bawang putih terganggu, enzim alliinase yang terdapat dalam dinding sel akan aktif dan berperan dalam transformasi biokimia, mengubah senyawa alliin menjadi alisin dan berbagai bentuk tiosulfinat. Reaksi enzimatik ini menghasilkan berbagai senyawa sulfur bioaktif seperti *dialil disulfida* (DADS), *dialil sulfida* (DAS), dan *dialil trisulfida* (DATS). Ketika bawang putih diekstraksi dalam pelarut berair,  $\gamma$ -glutamil-S-alil-l-sistein diubah senyawa allium ini mengontrol tekanan darah, kolesterol, dan bahkan beberapa jenis kanker. Efek positif bawang putih terutama disebabkan oleh sulfur

organiknya. Ketika enzim alliinase dari sel daun bundel berinteraksi dengan allin dari sel mesofilik, menghasilkan allicin. Senyawa ini dibuat ketika *Allium sativum* dihancurkan dan merupakan antibiotik dan antijamur yang kuat. Namun, manfaat penggunaan oral minimal karena penyerapannya yang buruk (Azmat *et al.*, 2023).

Uji fitokimia yang dilakukan (Pudiarifanti & Farizal, 2022) dengan pelarut etanol menunjukkan bahwa umbi bawang putih memiliki senyawa metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, saponin dan tanin. Selain itu, bawang putih juga mengandung berbagai komponen sulfida seperti allicin, methyl allil trisulfida dan dialil trisulfide, serta tujuh komponen organosulfur utama termasuk allin, isoallin, methin, cycloallin, dan gamma-1-glutamyl-Smethyl-1-cystein.

**Tabel 2.1** Hasil uji fitokimia umbi bawang putih (Pudiarifanti & Farizal, 2022).

Uji Fitokimia	Hasil	Keterangan
Alkaloid	Terbentuk endapan (sedimen) berwarna putih / cream	+
Flavonoid	Warna kemerahan hingga orange	+
Saponin	Munculnya busa	+
Tanin	Biru tua/ hijau kehitaman	+

**Keterangan:** (+) = Hasil positif

(-) = Hasil negatif

Penelitian yang telah dilakukan oleh Bhatwalkar *et al.*, (2021) menyatakan bahwa ekstrak dari umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) mengandung alkaloid yang memiliki potensi menghambat pertumbuhan bakteri karena memiliki gugus aromatik quartener yang dapat berinteraksi dengan DNA. Alkaloid juga memiliki kemampuan untuk mengganggu integritas bagian penyusun peptidoglikan pada sel bakteri. Peptidoglikan merupakan bagian dari dinding sel bakteri, sehingga gangguan ini akan menyebabkan lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan kematian sel.

Flavonoid adalah senyawa yang merupakan derivatif dari komponen fenolik, memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan sel bakteri melalui mekanisme adsorpsi yang melibatkan ikatan hidrogen. Mekanisme flavonoid berfokus pada kemampuannya untuk mendenaturasi protein bakteri. Pada konsentrasi rendah, komponen fenolik membentuk kompleks protein dengan ikatan yang tidak stabil, yang kemudian segera terdisintegrasi (terurai) diikuti dengan penetrasi fenolik ke dalam sel. Proses ini mengakibatkan peningkatan denaturasi protein dan kerusakan struktur seluler yang lebih rusak. Kandungan saponin dalam ekstrak umbi bawang putih memiliki efektivitas sebagai agen antibakteri. Mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri terjadi melalui peningkatan permeabilitas membran sel, yang mengakibatkan ketidakstabilan membran sel dan berujung pada kematian sel bakteri (Pudiarifanti & Farizal, 2022).

#### **2.1.6.1 Fenolik**

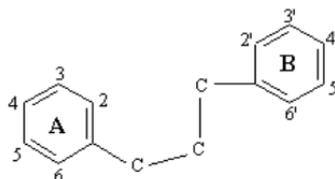
Senyawa fenolik termasuk dalam kelompok metabolit sekunder yang disintesis oleh tumbuhan, dengan struktur molekul yang mengandung cincin aromatik dengan substituen tunggal atau ganda gugus hidroksil (OH). Senyawa fenolik memiliki berbagai karakteristik, termasuk kecenderungan untuk larut dalam pelarut polar, tidak berwarna dalam bentuk murni, jika teroksidasi di udara menjadi gelap, kemampuan membentuk kompleks dengan molekul protein dan sangat sensitif terhadap proses oksidasi enzim. Selain itu, senyawa ini memiliki kemampuan untuk teroksidasi oleh basa kuat dan memiliki kemampuan menyerap radiasi sinar ultraviolet (UV) (Julianto, 2019).

Umbi bawang putih mengandung banyak senyawa fenolik yang juga terdapat dalam banyak bahan tanaman lainnya. Senyawa fenolik merupakan antioksidan

alami dengan banyak manfaat kesehatan. Senyawa fenolik ini juga memiliki sifat bakteristatik dan bakterisida, serta bermanfaat bagi tanaman untuk mempertahankan lingkungannya. Senyawa fenolik dapat mengurangi tegangan permukaan, yang menyebabkan kebocoran atau permeabilitas sel meningkat (Azmat *et al.*, 2023).

### 2.1.6.2 Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok bahan kimia fenolik yang ditemukan pada banyak tanaman. Kompleksitas dan keanekaragaman struktur flavonoid adalah hasil dari beragam tingkatan hidroksilasi, alkoksilasi, dan glikosilasi yang terdapat pada kerangka molekulnya. Para ilmuwan berhasil mengidentifikasi lebih dari 2000 flavonoid telah ditemukan dalam tumbuhan, termasuk senyawa seperti antosianin, flavonol, dan flavon. Terminologi antosianin berasal dari bahasa Yunani "*anthos*" yang bermakna "bunga", dan "*kyanos*" yang bermakna "biru tua", mendeskripsikan pigmen yang umumnya memberikan warna merah, ungu, dan biru pada bunga. Distribusi pigmen ini tidak terbatas pada bunga saja, melainkan juga ditemukan pada berbagai organ tumbuhan, termasuk buah, batang, daun, dan hingga system perakaran. Proses biosintesis flavonoid berlangsung di luar vakuola sel tumbuhan, meskipun sebagian besar produk akhirnya terikat dalam vakuola. Kerangka dasar karbon flavonoid terdiri dari lima belas atom karbon yang tersusun dalam urutan C6-C3-C6 (Julianto, 2019).



**Gambar 2.2** Flavonoid (Julianto, 2019).

Flavonoid berfungsi sebagai pengatur fotosintesis, antimikroba, dan pengatur tumbuh antiviral. Flavonoid memiliki efek anti-kanker, antioksidan, dan anti-inflamasi. Quercetin adalah aglikon flavonol yang paling umum dan ada di banyak tanaman. Quercetin, kaempferol, dan rutin ditemukan dalam kulit bawang putih. Sifat antibakteri senyawa flavonoid adalah dengan menghentikan sintesis asam nukleat, mengganggu fungsi normal membran sitoplasma, serta gangguan energi metabolisme sel bakteri (Azmat *et al.*, 2023).

### **2.1.6.3 Alkaloid**

Kelompok metabolit sekunder yang paling dominan pada tumbuhan adalah Alkaloid. Alkaloid biasanya memiliki rasa pahit, tidak mudah larut dalam air, dan merupakan basa lemah. Zat ini dapat larut dalam pelarut organik yang tidak polar seperti kloroform dan dietil eter. Sebagian besar alkaloid adalah padatan kristal dengan beberapa sedikit dalam bentuk amorf. Kerusakan pada alkaloid disebabkan oleh panas, kecuali strychnine dan caffeine. Kandungan alkaloid dicirikan dengan adanya atom nitrogen dan menggunakan asam amino sebagai komponen pembentuknya. Jelasnya, struktur aktif dari sebagian besar alkaloid memiliki inti kerangka piridin, quinolin, isoquinolin, atau tropan. Monomer rantai sampingnya dapat berupa terpena atau asetat air. Mekanisme anti mikroba senyawa alkaloid menunjukkan beberapa jalur fisiologis seluler, termasuk penghambatan peran enzim esterase DNA dan enzim RNA polimerase yang berperan penting dalam proses transkripsi, mengakibatkan terhentinya pernafasan sel, dan kemampuan melakukan interkalasi pada molekul DNA yang mengganggu integritas materi genetic (Julianto, 2019).

Pada uji fitokimia, terbentuknya endapan putih menunjukkan adanya alkaloid. Senyawa ini terdapat pada berbagai tumbuhan, seperti pada bawang merah (*Allium cepa*) dengan konsentrasi 10-15% (Prabowo & Noer, 2020). Meskipun sebagian besar alkaloid bersifat toksik, beberapa di antaranya memiliki nilai ekonomis dalam bidang pengobatan. Dalam ekstrak kulit bawang merah, alkaloid dapat berfungsi sebagai antibakteri karena gugus aromatik quartener yang terikat pada DNA. Senyawa ini juga memiliki kemampuan untuk merusak peptidoglikan yang terletak pada dinding sel bakteri sehingga menyebabkan kematian sel (Prabowo & Noer, 2020).

#### **2.1.6.4 Saponin**

Saponin ini merupakan antioksidan dalam tumbuhan yang mencegah kondisi medis serius seperti stroke dan serangan jantung yang disebabkan oleh radikal bebas. Dalam saponin mengandung glikosida yang mampu menyebabkan hemolisis sel darah merah dan membentuk busa permanen pada pengadukan dengan air (Julianto, 2019). Saponin yang terdapat pada ekstrak bawang putih menunjukkan sebagai agen antibakteri melalui mekanisme kerja dengan meningkatkan permeabilitas membran sel, yang mengakibatkan ketidakstabilan sel sampai terjadinya hemolisis sel. Kehadiran saponin dapat dikesan melalui terbentuknya buih stabil dalam larutan air karena terbentuknya struktur misel dengan gugus polar dan nonpolar (Prabowo & Noer, 2020).

#### **2.1.6.5 Tanin**

Tanin adalah jenis senyawa fenolik dengan rasa sepat dan pahit yang memiliki kemampuan untuk menggumpalkan protein serta kandungan asam amino dan alkaloid. Namanya secara etimologi berasal dari kemampuannya dalam

penyamakan kulit. Dalam definisi modern, tannins are large-sized polyphenols with groups of hydroxyls and carboxyls which form several bonds with proteins and macromolecules. Senyawa ini berperan dalam metabolisme dan pertahanan tumbuhan dengan ukuran molekul antara 500-3000, sedangkan proantosianidin lebih besar dari 20.000 (Julianto, 2019).

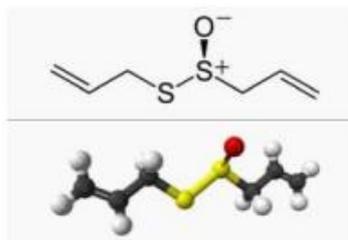
Tanin pada tumbuhan Angiospermae berdasarkan struktur kimia dan sifat reaktivitasnya terbagi dua jenis, yaitu terkondensasi dan terhidrolisis. Aktivitas antibakterinya meliputi merusak membran sel atau pengerutan dinding sel yang mengganggu permeabilitas dan menyebabkan kematian atau penghambatan pertumbuhan sel. Pada kulit bawang merah, keberadaan tanin diidentifikasi melalui perubahan warna menjadi hijau kehitaman saat bereaksi dengan  $\text{FeCl}_3$  (Prabowo & Noer, 2020).

### **2.1.6.6 Senyawa Sulfur**

#### **2.1.6.6.1 Alliin & Aliicin**

Alliin merupakan bahan kimia yang mengandung sulfur, adalah prekursor dari allicin, bahan kimia yang memberikan aroma bawang putih yang khas. Enzim alliinase mengubah alliin menjadi molekul yang mengandung sulfur yang dikenal sebagai allicin. Allicin adalah bahan antibakteri dan antioksidan yang kuat yang telah ditunjukkan memiliki berbagai efek kesehatan yang mungkin terjadi (Azmat *et al.*, 2023). Allicin terjadi melalui proses reaksi katalis enzimatis yang melibatkan aktivitas enzim alliinase dengan asam amino nonprotein yang disebut alliin. Aroma khas yang dihasilkan bawang putih disebabkan oleh gugus sulfoksida ( $\text{SO}_2$ ) dalam struktur molekul allisin (Sudjatini, 2020). Meskipun memiliki aktivitas biologis yang kuat, senyawa allisin memiliki kelemahan berupa stabilitas kimiawi yang

rendah dan hanya mampu bertahan dalam bentuk aktifnya untuk periode singkat, sehingga cepat mengalami proses degradasi menjadi berbagai senyawa sulfur turunan.



**Gambar 2.3** Senyawa Allicin (Sudjatini, 2020)

Allicin memiliki kemampuan untuk menghentikan bakteri gram positif dan gram negatif berkembang biak dengan menghentikan sintesis lipid dan produksi RNA. Asam amino dan protein tidak dapat diproduksi dan bilayer fosfolipid dinding sel tidak dapat terbentuk karena hambatan ini. Akibatnya, bakteri tidak dapat bertumbuh dan berkembang. Gugus SH (sulfhidril dan disulfide) pada asam amino sistein dan sistin dipecahkan oleh dinding bakteri. Sehingga dapat menghentikan pembentukan enzim protease, yang kemudian menimbulkan kerusakan membran sitoplasma dinding bakteri dan gangguan proses metabolisme protein dan asam nukleat. Akibatnya, bakteri menjadi poliferasi yakni fase di mana siklus sel dapat berlangsung tanpa hambatan (Moulia *et al.*, 2018).

#### 2.1.6.6.2 S-allyl cysteine

*S-allyl cysteine*, zat kimia yang mengandung sulfur, ditemukan dalam kulit bawang putih. Karena kualitas anti-inflamasi dan antioksidannya, komponen bioaktif ini memiliki kemampuan menurunkan kadar kolesterol darah dan mengurangi risiko gangguan penyakit kardiovaskular. Selain kandungan lignin yang tinggi di kulit dan jerami bawang putih, ada kemungkinan besar

ekstraksi komponen penting, yang dikenal sebagai senyawa fenolik. Asam P-coumaric, asam ferulat (Azmat *et al.*, 2023).

## 2.2 Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii* Nees & T. Nees)

### 2.2.1 Klasifikasi Kayu Manis

Taksonomi Tanaman kayu manis secara lengkap dapat di klasifikasikan menurut (USDA, 2017; Hukom *et al.*, 2023) sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Sub Divisi : Angiospermae  
Class : Magnoliopsida  
Ordo : Laurales  
Famili : Lauraceae  
Genus : *Cinnamomum* Schaeef  
Spesies : *Cinnamomum burmanii* (Nees & T. Nees) Nees ex Blume - padang cassia.

### 2.2.2 Deskripsi Tanaman

*Cinnamomum Burmanii* Nees & T. Nees (kayu manis) adalah tanaman rempah yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen utama di pasar regional dan internasional. Tanaman ini memiliki beragam pemanfaatan, mulai dari bumbu penyedap makanan dan produk kue hingga bahan industri yang meliputi industri farmasi, produk kecantikan, wewangian, ekstraksi minyak esensial (atsiri), dan pengobatan tradisional. Wilayah Sumatera Barat dan Jambi merupakan sentra produksi utama kayu manis di Indonesia, komoditas ini berkontribusi signifikan terhadap pendapatan petani

dengan menyumbang 26,93% dari pendapatan sektor pertanian atau 16,03% dari total akumulasi pendapatan petani. Meski bukan sumber pendapatan utama, kayu manis memiliki peran penting dalam menunjang pemenuhan kebutuhan sosial-ekonomi petani (Hukom et al., 2023).

Kulit kayu manis dikenal memiliki banyak manfaat dalam pengobatan tradisional, seperti obat sakit perut, obat sariawan, diabetes, karminatif, diaforetik, anti reumatik, penurun nafsu makan, dan obat batuk. Bagian utama yang dimanfaatkan adalah kulit batang dan dahan, sementara ranting dan daun menjadi hasil sampingan. Meskipun seluruh bagian tanaman mengandung senyawa kimia bermanfaat, kulit merupakan bagian yang paling umum digunakan, terutama sebagai bumbu masakan. Ada banyak senyawa antibakteri dalam kulit kayu manis, seperti saponin, tanin, komponen aromatic eugenol, flavonoid, serta minyak atsiri. Dalam penggunaan tradisional, kayu manis biasanya diolah melalui proses perebusan atau ekstraksi. Ekstraksi, yang dapat dilakukan secara mekanis, dengan pelarut, atau kombinasi keduanya, merupakan metode yang lebih ekonomis, higienis, dan mudah dikontrol dibandingkan penggunaan kulit kayu manis secara langsung (Waang & Budiana, 2024).

### **2.2.3 Morfologi**

Spesies *Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees memiliki ciri khas pada daunnya, yaitu daun muda berpigmentasi merah sampai merah muda dengan posisi merunduk. Daun berwarna hijau hingga pekat hijau saat daunnya tua. Bentuk daunnya eliptikal, mengkilap, daunnya tersusun berlawanan, dengan panjang sekitar 4-14 cm. Tanaman ini, dapat tumbuh hingga ketinggian 20 meter dengan batang berdiameter 12-30 cm, bahkan dalam beberapa kasus dapat mencapai 50 cm.

Kayu manis tergolong tanaman berbunga (angiospermae) dan kelompok tanaman aromaterapi, karena memiliki komponen senyawa volatil dalam struktur sel kulit batang dan jaringan xilem. Kulit batangnya halus dengan warna abu-abu kecokelatan, sementara bagian dalamnya memiliki aroma khas dan lapisan sapwood berwarna kuning. Batang utama menampilkan warna hijau kecokelatan dengan percabangan, serta warna kulitnya abu-abu kecokelatan dengan aroma yang khas. (Nola *et al.*, 2021).



**Gambar 2.4** Morfologi Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) (Hukom *et al.*, 2023)

Kulit batang kayu manis adalah bagian yang paling banyak dimanfaatkan karena mengandung berbagai senyawa, seperti damar, lendir, dan minyak atsiri. Struktur kulit kayu manis memiliki karakteristik berbentuk silindris tergulung seperti gelondong yang tergulung membujur dengan struktur agak pipih. Bentuknya bervariasi berupa susunan yang tersusun dari berbagai potongan kulit tergulung dengan panjang mencapai 1 meter dan ketebalan 1-3 mm atau bahkan lebih besar. Bagian luar kulit memiliki struktur gabus dengan dua variasi permukaan: jenis pertama berwarna coklat kekuningan hingga coklat kemerahan dengan pola garis bergelombang memanjang yang agak pucat serta garis pendek melintang yang menonjol atau berlekuk; jenis kedua berwarna hijau kehitaman atau coklat

kehijauan yang terkadang ditumbuhi bitnik-bintik lumut berwarna putih atau coklat muda. Sementara itu, permukaan dalam kulit umumnya berwarna coklat merah gelap sampai coklat kehitaman (Hukom *et al.*, 2023).

Daun kayu manis tunggal, kaku, dan menyerupai kulit, dengan permukaan atas yang licin dan rata. Ukuran daunnya bervariasi, dengan panjang antara 4 hingga 24 cm dan lebar antara 1,5 hingga 6 cm. Tanaman ini berbentuk meruncing pada bagian ujung dan pangkalnya. Setiap daun Ruas daunnya memiliki tiga tulang utama daun yang melengkung, dengan tangkai yang panjangnya 0,5 cm-1,5 cm. Tanaman ini termasuk dalam kelompok tanaman rempah yang keras dan bersifat hijau sepanjang tahun (evergreen). *Cinnamomum burmanni* memiliki bunga majemuk berkelamin sempurna yang tumbuh di sela-sela daun, berwarna kuning dengan ukuran kecil. Bunga ini memiliki karakteristik berupa 12 helai benang sari yang berambut halus dan kotak sari dengan empat ruang. Buahnya tergolong buah buni yang berdaging dengan biji tunggal, berbentuk bulat memanjang dengan panjang 1,3-1,6 cm dan diameter 0,35-0,75 cm. Warna pada buah berubah seiring dengan kematangannya, dari hijau saat muda menjadi ungu tua hingga hitam saat matang, dengan biji berukuran kecil (Putri *et al.*, 2023).

#### **2.2.4 Ekologi dan Penyebaran**

Tanaman kayu manis (*Cinnamomum* sp.) memiliki 54 spesies di seluruh dunia, dengan 12 di antaranya tumbuh di Indonesia. Tiga spesies *Cinnamomum* yang paling populer di pasar global adalah *Cinnamomum burmanni* dari Indonesia (cassiavera), *Cinnamomum zeylanicum* berasal dari wilayah Sri Lanka dan kepulauan Seychelles, serta *Cinnamomum cassia* dari China. Indonesia, terutama dari daerah Sumatera Barat, Jambi, dan Sumatera Utara, menjadi pengekspor utama

kayu manis jenis *Cinnamomum burmanni* yang mendominasi pasar global dengan keunggulan berupa ketebalan kulit yang lebih besar dibandingkan jenis lainnya. Tanaman ini dikenal dengan berbagai nama lokal di Indonesia, seperti kanninggu sumba (Sumba), kiamis (Sunda), dalam Bahasa melayu, disebut holim atau holim manis, sedangkan orang Batak mengenalnya sebagai modang siak-siak, masyarakat Minangkabau menggunakan istilah kanigar atau madang kulit manih, di Jawa dikenal dengan nama kaneel dan huru mentek, di Bali dikenal dengan nama kesingar, kecingar, atau cingar, dan penduduk Sasak menyebutnya onte (Hukom *et al.*, 2023).

Kayu manis dapat tumbuh mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1500 meter di atas permukaan laut, dengan pertumbuhan optimal pada kisaran 500-900 meter. Pada umur panen 6-8 tahun, rata-rata produksi mencapai 2,78 kg/batang dan kandungan minyak sekitar 2,0-2,5%. Pada daerah dengan 300-400 meter, menghasilkan kulit dengan ketebalan 1,76-2,0 mm dengan produksi yang lebih rendah. Kondisi ideal untuk pertumbuhan kayu manis adalah suhu rata-rata 25°C (27°C maksimum dan 18°C minimum), curah hujan 2000-2500 mm/tahun, dan kelembaban 70-90%. Tanaman ini tumbuh optimal pada tanah liat berpasir dengan pH 5,5-6,5, tetapi juga dapat hidup di jenis tanah lain seperti latosol, andosol, podsolik merah kuning, dan mediteran terutama pada tanah yang agak miring. Penyinaran matahari 40-70% menghasilkan kualitas kulit kayu terbaik. Ciri yang paling khas dari daun muda kayu manis adalah berwarna merah tua atau hijau keunguan, yang kemudian berubah menjadi hijau seiring proses pertumbuhan (Putri *et al.*, 2023).

### 2.2.5 Manfaat Kandungan Kulit Kayu Manis

Kulit kayu manis memiliki banyak manfaat kesehatan seperti, antimikroba, antiinflamasi, menghilangkan infeksi jamur, menghambat virus, menetralkan radikal bebas (antioksidan), menghambat pengembangan tumor, antihipertensi, serta membantu menjaga kolesterol. Selain itu, kandungan lemaknya yang rendah menjadikannya bahan alami yang baik untuk pola makan sehat (Waang & Budiana, 2024). Bagian utama yang dimanfaatkan adalah kulit batang dan dahan, sementara ranting dan daun menjadi hasil sampingan. Kandungan senyawa bioaktif dalam kulit kayu manis seperti saponin, tanin, eugenol, flavonoid, dan minyak atsiri berkontribusi pada sifat antibakterinya. Daun kayu manis mengandung 70-95% eugenol dan 1-5% sinamaldehyd, dan kulitnya mengandung 5-10% eugenol dan 65-80% sinamaldehyd. Kedua komponen utama ini bertanggung jawab atas aktivitas antibakteri kayu manis melalui berbagai mekanisme (Vangalapati *et al.*, 2012; Patel *et al.*, 2022).

Bubuk kulit kayu manis memiliki komposisi yang terdiri dari 11% air, 81% karbohidrat (dengan 53% berupa serat makanan), 4% protein, dan 1% lemak. Setiap 100 gr bubuk kulit kayu manis mengandung kalsium yang mencukupi 100% kebutuhan harian (*Daily Value*), zat besi sebanyak 64% kebutuhan harian, dan vitamin K sebesar 30% kebutuhan harian. Kulit kayu manis mengandung sekitar 80 jenis senyawa aromatik, yaitu eugenol yang terdapat dalam minyak daun atau kulit pohon kayu manis. Minyak esensial aromatik yang terkandung dalam kulit kayu manis berkisar antara 0,5-1%, yang berperan penting dalam memberikan karakteristik rasa, aroma, dan flavour khas kayu manis (Hukom *et al.*, 2023).

### 2.2.6 Analisis Fitokimia Kulit Kayu Manis

Kayu manis memiliki kulit yang mengandung beberapa metabolit sekunder seperti tanin, saponin, minyak atsiri, eugenol, flavonoid. Senyawa kimia utama yang terdapat dalam kayu manis termasuk alkohol sinamat, kumarin, asam sinamat, sinamaldehyd, antosinin dan minyak atsiri yang juga mengandung gula, protein, lemak sederhana, pektin dan senyawa lainnya. Ekstrak kulit batang kayu manis mengandung senyawa antioksidan primer dalam bentuk polifenol (tanin dan flavonoid) dan minyak atsiri dari golongan fenol. Minyak atsiri tanaman kayu manis juga mengandung sinamil aldehyd, eugenol, linalool, kariofilena, dan asam sinamat yang berfungsi untuk menghambat perkembangan bakteri. (Hukom *et al.*, 2023).

Dalam metabolisme tumbuhan, ada dua jalur primer dan sekunder. Jalur pertama menangani bahan esensial seperti protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat yang dapat membantu proses biosintesis dan glikolisis. Jalur sekunder menghasilkan senyawa-senyawa yang membantu sel-sel tertentu dan menghasilkan berbagai senyawa unik (seperti terpenoid, fenolik, dan alkaloid). Banyak manfaat umbi bawang merah untuk manusia, salah satunya adalah sifat antibakterinya. Untuk mengetahui senyawa antibakteri dalam kulit bawang merah, perlu dilakukan berbagai uji kandungan di dalamnya (Aryanta, 2019). Uji fitokimia yang dilakukan terhadap ekstrak kulit kayu manis adalah untuk mengetahui beberapa komponen bioaktif yang ada di dalam ekstrak. Sehingga dapat membantu mengetahui keberadaan senyawa-senyawa penting yang menjadi dasar khasiat dan potensi pemanfaatan ekstrak.

Uji fitokimia ekstrak etanol kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) yang dilakukan (Wahida *et al.*, 2023) dengan metode maserasi menunjukkan bahwa kulit kayu manis memiliki kandungan flavonoid, steroid, alkaloid dan triterpenoid yang membuatnya dapat digunakan sebagai obat herbal termasuk berperan dalam menghentikan perkembangan bakteri. Ekstrak etanol kayu manis memiliki beberapa senyawa utama, seperti flavonoid, saponin, tanin dan triterpenoid (Azima *et al.*, 2004; Maslahah & Hera, 2023) yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2. Di antara senyawa-senyawa tersebut, flavonoid dan tanin berperan sebagai antioksidan alami, sementara saponin dan triterpenoid memiliki fungsi sebagai penghambat antiagregasi platelet. Ekstrak etanol kayu manis juga kaya akan senyawa fenol yang berkontribusi penting terhadap aktivitas antioksidannya.

Flavonoid berperan sebagai antibakteri dengan cara merusak struktur protein sel bakteri melalui proses denaturasi dan mengganggu membran sitoplasma, sehingga menghambat fungsi sel bakteri. Senyawa tanin berperan dengan menghambat aktivitas enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase yang berperan penting dalam pembentukan dan replikasi sel bakteri. Alkaloid menunjukkan sebagai antibakteri melalui gangguan sintesis peptidoglikan, suatu konstituen penting dalam dinding sel bakteri, sehingga struktur dinding sel menjadi tidak sempurna dan menjadi penyebab kematian sel (Rahmadeni *et al.*, 2019). Steroid berfungsi sebagai antibakteri dengan menghentikan perkembangan bakteri yang terikat pada membran lipid, khususnya untuk bakteri yang sensitif terhadap senyawa steroid, sehingga menyebabkan pelepasan liposom. Interaksi steroid dengan membran fosfolipid sel bakteri membuat membran menjadi lebih rentan

terhadap zat lipofilik, menurunkan integritas membran sel dan mengubah struktur membran, yang pada akhirnya membuat sel mudah rusak dan mengalami lisis (Munira & Nasir, 2023).

**Tabel 2.2** Hasil uji fitokimia ekstrak etanol kulit kayu manis (*Cinnamomum burmanni*) (Azima *et al.*, 2004; Maslahah & Hera, 2023)

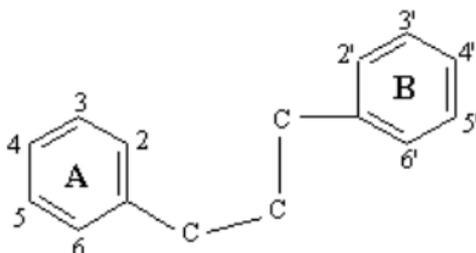
Uji Fitokimia	Hasil	Keterangan
Flavonoid	Merah hingga Jingga	+
Alkaloid	Membentuk endapan berwarna putih / cream	+
Tripertenoid	Terbentuk warna merah, ungu, atau biru kehijauan	+
Tanin	Biru tua/ hijau kehitaman	+
Steroid	Cincin ungu	+

**Keterangan:** (+) = Hasil positif

#### 2.2.6.1 Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok bahan kimia fenolik yang ditemukan pada banyak tanaman. Kompleksitas dan keanekaragaman struktur flavonoid adalah hasil dari beragam tingkatan hidroksilasi, alkoksilasi, dan glikosilasi yang terdapat pada kerangka molekulnya. Para ilmuwan berhasil mengidentifikasi lebih dari 2000 flavonoid telah ditemukan dalam tumbuhan, termasuk senyawa seperti antosianin, flavonol, dan flavon. Terminologi antosianin berasal dari bahasa Yunani "*anthos*" yang bermakna "bunga", dan "*kyanos*" yang bermakna "biru tua", mendeskripsikan pigmen yang umumnya memberikan warna merah, ungu, dan biru pada bunga. Distribusi pigmen ini tidak terbatas pada bunga saja, melainkan juga ditemukan pada berbagai organ tumbuhan, termasuk buah, batang, daun, dan hingga system perakaran. Proses biosintesis flavonoid berlangsung di luar vakuola sel tumbuhan, meskipun sebagian besar produk akhirnya terikat dalam vakuola. Kerangka dasar

karbon flavonoid terdiri dari lima belas atom karbon yang tersusun dalam urutan C6-C3-C6 (Marliza *et al.*, 2023).



**Gambar 2.5** Flavonoid

Flavonoid berfungsi sebagai pengatur fotosintesis, antimikroba, dan pengatur tumbuh antiviral. Senyawa flavonoid telah banyak diteliti dan terbukti berperan dalam bidang obat-obatan, Sebagian jenis flavonoid telah dibuat sebagai obat untuk mengatasi kanker, virus, alergi, serta menurunkan kadar kolesterol. Flavonoid juga senyawa yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan (Maslahah & Hera, 2023).

#### **2.2.6.2 Alkaloid**

Kelompok metabolit sekunder utama dalam tumbuhan adalah alkaloid. Kebanyakan alkaloid bersifat basa yang lemah, rasanya pahit, dan kelarutannya dalam air relative rendah. Senyawa alkaloid juga dapat larut dalam pelarut organik bersifat non polar seperti kloroform dan dietil eter. Apabila dipanaskan, hampir semua jenis alkaloid akan mencair, kecuali pada strychnine dan caffeine yang lebih tahan panas. Kebanyakan alkaloid berbentuk padatan kristal, dengan sedikit yang amorf. Alkaloid biasanya bersifat basa dengan atom nitrogen dalam strukturnya, dan asam amino berfungsi sebagai senyawa pembangun dalam biosintesis alkaloid. Struktur kimia alkaloid kebanyakan mengandung satu inti kerangka quinolin piridin, isoquinolin atau tropan, dan yang berperan penting dalam efek farmalogisnya pada tubuh manusia dan hewan. Bagian rantai samping alkaloid

dapat berasal dari terpena atau asetat air. Alkaloid memiliki aktivitas antimikroba, termasuk mencegah esterase DNA dan RNA polimerase, menghentikan respirasi sel, serta kemampuannya mengikat dengan DNA melalui proses interkalasi (Julianto, 2019).

Hasil positif tes alkaloid dinyatakan dengan terbentuknya endapan berwarna putih, menunjukkan adanya senyawa alkaloid yang ditemukan di hampir semua jenis tumbuhan, termasuk kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees). Alkaloid dapat mencapai konsentrasi antara sepuluh hingga lima belas persen pada tumbuhan, dan sebagian besar bersifat toksik, tetapi Sebagian diantaranya memiliki manfaat terapeutik. Karakter fisik alkaloid biasanya tidak berwarna, sebagian besar berbentuk padat kristal dan hanya sebagian kecilnya berbentuk cairan pada suhu ruang (Prabowo & Noer, 2020). Sebagai contoh, alkaloid yang terdapat dalam ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii* Nees & T. Nees) menunjukkan aktivitas antibakteri karena terdapat gugus aromatik quartener yang berpotensi dapat berinteraksi dengan DNA bakteri. Alkaloid juga memiliki kemampuan untuk merusak bagian-bagian yang membentuk peptidoglikan dinding sel bakteri, menyebabkan lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel (Marliza *et al.*, 2023).

#### **2.2.6.3 Senyawa Fenolik (Sinamaldehida)**

Sinamaldehida adalah analog asam sinamat dengan berat molekul lebih rendah. Sinamaldehida merupakan senyawa yang memiliki gugus aldehida yang dapat dimodifikasi menjadi gugus ester yang bermanfaat sebagai antidiabetes (Azima *et al.*, 2004 dalam Maslahah & Hera, 2023). Senyawa ini merupakan komponen utama dalam minyak kayu manis karena memiliki konsentrasi paling

tinggi (45-62%) dan terbukti mampu menghambat bakteri melalui mekanisme tertentu. Sinamaldehida merupakan senyawa aktif golongan fenilpropanoid yang memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap berbagai jenis bakteri patogen (Maslahah & Hera, 2023).

Mekanisme penghambatan sinamaldehida terhadap bakteri terjadi melalui beberapa cara, yaitu dengan merusak peptidoglikan bakteri sehingga lapisan dinding sel mengalami kerusakan dan menyebabkan kematian sel bakteri. Selain itu, sinamaldehida juga menghambat aktivitas ATP-ase yang terikat membran yang dapat menurunkan aktivitas metabolisme bakteri, dan diduga *trans-cinnamaldehyde* dapat menembus ke dalam sel melalui protein porin. Peptidoglikan yang lebih tebal pada bakteri gram positif berfungsi mencegah masuknya molekul asing, sehingga penyerapan senyawa sinamaldehida pada *S. aureus* lebih terbatas dibandingkan dengan *E. coli*. Sinamaldehida juga bekerja dengan menghambat sintesis peptidoglikan dan enzim pada bakteri serta mengikat protein membran sel, yang pada akhirnya menyebabkan gangguan integritas sel bakteri (Wahida *et al.*, 2023).

#### **2.2.6.4 Triterpenoid**

Triterpenoid merupakan anggota dari kelompok senyawa metabolit sekunder yang merupakan turunan dari terpenoid, dengan kerangka karbon yang tersusun dari enam satuan isoprena (2-metilbuta-1,3-diena). Struktur dasarnya terdiri dari enam satuan C5 dan berasal dari hidrokarbon asiklik C30, yakni skualena. Senyawa ini dapat ditemukan dalam bentuk siklik maupun asiklik serta umumnya memiliki berbagai gugus fungsional seperti alkohol, asam karboksilat, aldehida (Widiyati, 2006; (Balafif *et al.*, 2013). Triterpenoid yang diduga berfungsi

sebagai antiagregasi platelet. Triterpenoid, metabolit sekunder golongan terpenoid, menghambat bakteri dengan mengakibatkan ekspansi (pembengkakan) membran sel akibat akumulasi senyawa ini pada bagian lipid membran. Akumulasi ini merusak struktur dan fungsi membran sel, mengganggu permeabilitas membran sel bakteri, sehingga mengganggu homeostasis (keseimbangan) sel dan akhirnya menyebabkan kematian sel (Wahida *et al.*, 2023).

Golongan senyawa triterpenoid diketahui memiliki aktivitas farmakologi yang penting, termasuk sebagai agen antivirus, antibakteri, antiinflamasi, inhibitor sintesis kolesterol, serta antikanker. Selain manfaat farmakologinya, triterpenoid juga berperan dalam ekologi tumbuhan yang mengandung senyawa ini, karena berfungsi sebagai antifungi, insektisida, pelindung dari pemangsa, serta memiliki sifat antibakteri dan antivirus karboksilat (Widiyati, 2006; (Balafif *et al.*, 2013).

#### **2.2.6.5 Tanin**

Menurut Emilda (2018) dalam Maslahah & Hera (2023), kulit kayu manis memiliki kandungan senyawa tanin yang relatif tinggi dengan konsentrasi mencapai lebih dari 10%, dimana kadar tersebut lebih dominan dibandingkan dengan kandungan senyawa bioaktif lainnya yang terdapat dalam kayu manis. Tanin merupakan senyawa fenolik yang dikenal dengan rasa pahit, sepat, atau kelat. Tanin memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan protein maupun senyawa organik lain yang mengandung asam amino dan alkaloid, sehingga membentuk gumpalan. Kata “tanin” berasal dari bahasa Inggris *tannin* dan bahasa Jerman Hulu Kuno *tanna*, yang awalnya merujuk pada "pohon ek" atau "pohon berangan", karena dahulu penggunaan tanin dari pohon ek digunakan dalam proses penyamakan kulit hewan agar lebih tahan lama dan lentur. Saat ini, istilah tanin mencakup berbagai jenis

polifenol berukuran besar yang terdiri dari sejumlah besar gugus hidroksil dan gugus lainnya yang sesuai, seperti karboksil, yang mampu berikatan kuat dengan protein dan makromolekul lain. Dalam ekosistem tumbuhan, tanin berperan penting untuk mengontrol metabolisme tumbuhan dan melindungi tumbuhan dari hama dan herbivora. Berat molekul tanin berkisar antara lima ratus hingga tiga ribu, sedangkan proantosianidin memiliki berat molekul lebih dari dua puluh ribu. Banyak jenis tumbuhan mengandung senyawa tanin (Julianto, 2019).

Dalam tumbuhan Angiospermae secara umum terdapat dua tipe utama tanin, yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Tanin melakukan aktivitas antibakteri dengan cara utama merusak membran sel bakteri atau menyebabkan penyusutan pada dinding sel, yang mengganggu permeabilitas membran. Gangguan ini membuat sel tidak dapat berfungsi secara normal, sehingga menghambat pertumbuhan atau kematian sel bakteri. Berdasarkan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa kulit kayu manis positif mengandung tanin, seperti yang ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi hijau kehitaman setelah sampel ditetesi larutan  $FeCl_3$  (Maslahah & Hera, 2023).

#### **2.2.6.6 Steroid**

Steroid merupakan metabolit sekunder yang tergolong dalam grup terpenoid berstruktur dasar sistem cincin siklopentana perhidrofenantrena yang memiliki tiga cincin sikloheksana dan satu cincin siklopentana. Sifat non-polar senyawa steroid memungkinkan larutan dalam pelarut organik seperti petroleum eter, kloroform, dan n-heksana. Steroid sangat penting dalam keseimbangan elektrolit (garam), mengatur metabolisme, dan meningkatkan sistem organ reproduksi dan beberapa fungsi biologis lain pada masing-masing jenis kelamin (Julianto, 2019)

Steroid memegang peranan penting dalam aktivitas biologis seperti hormon pertumbuhan dan perkembangan pada organisme, serta memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme perusakan membran lipid sel bakteri yang mengakibatkan kebocoran isi sel dan akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri. Pada tumbuhan, steroid sering ditemukan dalam bentuk fitosterol yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan sel tumbuhan serta memberikan perlindungan terhadap serangan patogen (Nola *et al.*, 2021).

### 2.3 Bakteri *Staphylococcus aureus*

#### 2.3.6 Deskripsi

*Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif yang tidak memiliki spora dan tidak motil. Bakteri ini termasuk flora normal dalam tubuh manusia dan umumnya ditemukan pada permukaan kulit serta membran mukosa, seperti rongga mulut (bukal), hidung (nasal), dan telinga (aural). Dalam pandangan penciptaan, berbagai bentuk kehidupan ada dimuka bumi ini, termasuk yang tidak terlihat oleh mata telanjang seperti bakteri. Bakteri sendiri merupakan organisme hidup yang memiliki ukuran mikroskopik yang keberadaannya hanya dapat dideteksi dengan bantuan alat pembesar khusus (mikroskop). Isyarat diciptakannya bakteri telah disampaikan oleh Allah Swt dalam firman-Nya pada Q.S Yunus ayat 61 sebagai berikut:

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا  
إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ  
مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ

Artinya: “Engkau (Nabi Muhammad) tidak berada dalam suatu urusan, tidak membaca suatu ayat Al-Qur’an, dan tidak pula mengerjakan suatu pekerjaan, kecuali Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu

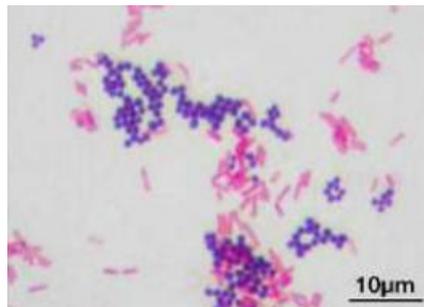
*melakukannya. Tidak ada yang luput sedikit pun dari (pengetahuan) Tuhanmu, walaupun seberat zarah, baik di bumi maupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, kecuali semua tercatat dalam kitab yang nyata (Lauhulmahfuz)". (Q.S. Yunus [10]: 61).*

Menurut Shihab, (2002) dalam tafsir Al- Misbah kata “*Dzarrah*” dipahami oleh ulama dalam berbagai arti, antara lain semut yang sangat kecil bahkan kepala semut, atau debu yang beterbangan yang hanya terlihat di celah cahaya matahari. Sementara Sebagian kalangan terkini menafsirkan “*Dzarrah*” sebagai atom seperti yang di sebutkan oleh Imam Al- Qurtubi (1964) kata “*Dzarrah*” sebagai atom (Fathurrahman & Hotib, 2007). Menurut Ibnu Katsir (1923) berarti segala sesuatu yang tersedikit dan terkecil (Ghoffar & Al-atsari, 2004). Menurut Az-Zuhayli (2005) dalam Tafsir Al-Munir mengatakan bahwa keberadaan mikroorganisme sebagai makhluk bersel satu menjadi bukti adanya materi fungsional di bawah tingkat sel yang disebut sebagai *zarrah*, yang disebutkan dalam Al-Qur'an sebagai materi terkecil, yang menunjukkan bahwa masih adanya potensial substansial pada setiap zat. Ayat ini menjadi salah satu bukti kekuasaan Allah atas diciptakannya makhluk yang berukuran mikroskopik seperti bakteri (Al-Kattani, 2022).

Setiap makhluk hidup yang Allah ciptakan di bumi ini pada hakikatnya memiliki tujuan dan manfaat, tidak ada yang diciptakan tanpa hikmah. ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan. Hal ini berlaku juga pada bakteri, keberadaan bakteri baik atau flora normal di dalam tubuh membantu fungsi tubuh berjalan dengan optimal. Namun, flora abnormal yang bersifat patogen seperti *Staphylococcus aureus* dapat membahayakan kesehatan tubuh dan dapat menyebabkan berbagai infeksi penyakit (Yoshimura *et al.*, 2022). Bakteri patogen *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan penyakit pneumonia, septicaemia,

osteomyelitis, endokarditis, dan gastroenteritis. Bakteri patogen *S.aureus* berbentuk sel bulat dan biasanya terkumpul dalam kelompok. Bakteri ini tidak menghasilkan spora dan merupakan anaerob fakultatif (Dolinggo, 2024). Klasifikasi taksonomi bakteri *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut (Riedel *et al.*, 2019):

Kerajaan : Bacteria  
Filum : Firmicutes  
Kelas : Cocci  
Ordo : Bacillales  
Famili : Staphylococcaceae  
Genus : Staphylococcus  
Spesies : *Staphylococcus aureus*



**Gambar 2.7** *Staphylococcus aureus* hasil pewarnaan gram (Apriani *et al.*, 2014).

*Staphylococcus aureus* termasuk dalam kelompok bakteri gram positif berbentuk bulat (kokus) yang tersusun bergerombol seperti anggur yang tidak berpori, nonspora, bersifat fakultatif anaerob, serta menunjukkan reaksi positif terhadap uji katalase, dan negatif terhadap uji oksidase. Ukuran selnya antara 0,8 hingga 1 mikron. Bakteri ini mampu tumbuh pada suhu 6,5 hingga 46°C dan pH antara 4,2 sampai 9,3. Koloni *S. aureus* mampu tumbuh dalam waktu 24 jam dan dengan diameter mencapai 4 mm. pada media perbenihan padat, koloninya tampak

berbentuk bulat, permukaan halus, sedikit menonjol, dan tampak mengkilap (Riedel *et al.*, 2019).

Koloni *Staphylococcus aureus* berwarna abu-abu sampai kuning emas tua dengan pigmen lipochrome yang membuat koloni tampak kuning keemasan hingga kuning jeruk. Warna pigmen inilah yang membedakannya dari *Staphylococcus epidermidis*, yang hanya mengandung pigmen putih. Warna kuning keemasan biasanya mulai terbentuk dalam waktu 18 hingga 24 jam pada suhu 37<sup>0</sup> C, lebih optimal muncul pada suhu antara 20-25<sup>0</sup> C. Pigmen-pigmen ini tidak dihasilkan ketika bakteri ditanam dalam kondisi anaerobik atau pada media cair seperti kaldu. *S. aureus* juga menghasilkan berbagai tingkat hemolisis dengan mudah berkembang biak pada banyak strain bakteri, dan terkadang oleh jenis bakteri yang berbeda (Dolinggo, 2024).

### **2.3.7 Patogenitas Bakteri *Staphylococcus aureus* Sebagai Agen Selulitis**

Patogenitas adalah kemampuan bakteri untuk menyebabkan penyakit bergantung pada kemampuan bakteri untuk menghindari pembersihan imun, menghasilkan protein permukaan yang memediasi perlekatan bakteri ke jaringan inang selama kolonisasi, dan menyebabkan penyakit melalui pembuatan toksin dan enzim hidrolitik tertentu yang merusak jaringan. Sebagian besar organisme patogen memiliki karakteristik seperti penghindaran imunologis, perlekatan, dan kerusakan jaringan. (Murray *et al.*, 2020). *S. aureus* adalah penyebab utama dari penyakit selulitis dan berperan besar terhadap morbiditas dan mortalitas yang tinggi di seluruh dunia (Cheung *et al.*, 2021).

Selulitis merupakan kondisi infeksi akut yang menyerang lapisan dermis dan subkutan pada kulit. Infeksi ini disebabkan oleh bakteri yang mempengaruhi

struktur kulit, sistem kekebalan, dan sirkulasi tubuh. Kelompok yang berisiko tinggi mengalami selulitis meliputi penderita diabetes, orang dengan obesitas, dan lansia. Penyebab utama selulitis adalah bakteri coccus gram positif, terutama *Streptococcus* spp dan *Staphylococcus aureus*. Gambaran klinis selulitis bervariasi tergantung pada apakah infeksi bersifat akut atau tidak. Secara umum, kondisi ini ditandai oleh kemerahan dengan batas yang jelas, disertai nyeri saat ditekan, dan pembengkakan. Area kemerahan dapat meluas dengan cepat di sekitar luka atau ulkus, sering kali diikuti oleh demam dan rasa lemas. Pada kasus yang lebih parah, dapat muncul lepuhan (bula). Selulitis umumnya diawali dengan gejala sistemik seperti demam, menggigil, dan malaise. Lesi tampak berwarna merah gelap, dengan tepi lesi yang tidak menonjol atau sulit diraba. Pada infeksi yang lebih parah, dapat ditemukan vesikel, bula, pustula, atau bahkan jaringan nekrotik, serta pembesaran kelenjar getah bening regional (Ezra *et al.*, 2022).

Pada anak-anak, selulitis lebih sering muncul di area kepala dan leher, sedangkan pada orang dewasa, biasanya terjadi di ekstremitas akibat seringnya mengalami trauma di area tersebut. Selain itu, pada penggunaan obat yang tidak tepat, selulitis sering muncul di lengan atas. Beberapa faktor yang meningkatkan risiko terjadinya selulitis pada bagian ekstremitas bawah antara lain kerusakan lapisan pelindung kulit, lymphedema, insufisiensi vena, obesitas, dan tinea pedis. Tanda-tanda klinis selulitis bervariasi tergantung tingkat keparahannya, namun umumnya ditandai dengan pembengkakan (edema), kemerahan (eritema), sensasi hangat pada area yang terinfeksi, serta rasa nyeri yang tidak spesifik (Devi *et al.*, 2024).

Munculnya strain yang resistan terhadap antibiotik, seperti MRSA, semakin mempersulit pengobatan, dan butuh strategi alternatif seperti pendekatan antivirulensi (Cheung *et al.*, 2021). Bakteri patogen *Staphylococcus aureus* menyebabkan berbagai macam infeksi yang didukung oleh beragam faktor virulensinya. Ekspresi gen yang terkait dengan faktor virulensi ini dapat berbeda antara isolat klinis. Dalam kasus selulitis, patogenesis selulitis diawali ketika bakteri patogen menembus lapisan luar kulit dan jaringan subkutan. Setelah berhasil melewati lapisan kulit, infeksi menyebar dan merusak jaringan dengan bantuan enzim seperti hialuronidase, yang memecah polisakarida, fibrinolysin, yang merusak penghalang (barier) fibrin, dan lesitinase yang mengganggu membran sel. Proses ini menyebabkan infeksi meluas secara sistemik ke jaringan yang lebih dalam, memicu reaksi inflamasi akut yang berupa eritema lokal dan kerusakan integritas kulit. Akibat peradangan tersebut, terjadi pembengkakan dan kemerahan yang menyebabkan nyeri tekan (Cranendonk *et al.*, 2017; Ezra *et al.*, 2022).

Patogenitas *Staphylococcus aureus* ditentukan oleh beberapa faktor kunci yang memungkinkannya bertahan dan menyerang sistem pertahanan tubuh. Kemampuan bakteri *Staphylococcus aureus* untuk menghindari sistem imun ditunjukkan melalui produksi kapsul yang melindungi dari fagositosis untuk mencegah pembersihan imunologis. Selama proses kolonisasi, protein permukaan berperan penting dalam adhesi bakteri ke jaringan inang dan memfasilitasi penyebaran infeksi. Bakteri *Staphylococcus aureus* juga menghasilkan berbagai toksin yang dapat merusak jaringan dan membantu penyebaran infeksi secara sistemik. Kemampuan Patogenitas *Staphylococcus aureus* semakin meningkat oleh resistensi antibiotik, khususnya pada strain MRSA (*Methicillin-Resistant*

*Staphylococcus aureus*), yang tahan terhadap berbagai macam antibiotic. Sehingga meningkatkan potensi infeksiya dan mempersulit penanganan medis (Riedel *et al.*, 2019).

Pada endokarditis infeksius, protein yang terkait dengan dinding sel bakteri seperti protein pengikat fibrinogen, faktor penggumpalan, dan asam teikoat membantu bakteri mengikat pada protein matriks ekstraseluler dan fibronektin. Selain itu, superantigen stafilokokus, juga dikenal sebagai TSST-1 atau (toksin sindrom syok toksik), memainkan peran penting dalam meningkatkan tingkat virulensi endokarditis infeksius, sepsis, dan sindrom syok toksik. Sementara itu, protein A, leukocidin Panton-Valentine (PVL), serta alfa-hemolisin diketahui berperan dengan infeksi pneumonia, dan infeksi muncul lebih sering setelah infeksi virus influenza dan diagnosis fibrosis kistik. Kemampuan galur *S. aureus* untuk membuat biofilm dan berkomunikasi melalui penginderaan kuorum, yang bergantung pada kepadatan sel bakteri, sering menyebabkan inféksi alat prostetik. Faktor-faktor virulensi *Staphylococcus aureus* yang memicu infeksi yaitu: 1. Protein permukaan yang berfungsi dalam kolonisasi jaringan inang (seperti protein A, adhesin, hemaglutinin, glikoprotein, dan fibronektin), 2. Invasin yang memungkinkan penyebaran bakteri di dalam jaringan (leukocidin, kinase, dan hyaluronidase), 3. Komponen permukaan yang mencegah proses fagositosis (misalnya kapsul dan protein A), dan 4. Faktor biokimia yang memperkuat kelangsungan hidup bakteri dalam fagosit (misalnya karotenoid, produksi enzim katalase, dan produksi superoksida dismutase) (Murray *et al.*, 2020).

### 2.3.8 Resistensi Antibiotik *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* adalah bakteri patogen yang menular pada manusia dan menyebar di lingkungan umum dan di fasilitas kesehatan. Bakteri ini berperan sebagai penyebab utama infeksi invasif atau kompleks, seperti pneumonia, bakteremia, endokarditis, infeksi kulit dan jaringan lunak, infeksi osteoartikular, dan osteomyelitis. Bakteri *Staphylococcus aureus* menghindari sistem imun inang dengan melewati sawar epitel dan masuk ke jaringan yang lebih dalam, seperti darah, katup jantung, saluran pencernaan, dermis, dan tulang. faktor yang meningkatkan kemungkinan terkena infeksi *Staphylococcus aureus* adalah ketika dirawat di rumah sakit seperti, menjalani operasi, memakai perangkat medis implan, atau berinteraksi dengan pasien yang terinfeksi *Staphylococcus aureus* (Lade & Kim, 2021).

Bakteri *Staphylococcus aureus* galur MRSA resisten terhadap banyak antibiotik, seperti methicillin, penicillin, oxacillin, cloxacillin, cefazolin, cefoxitin, dan antibiotik lainnya. Infeksi yang menyebabkannya sangat berbahaya dan telah dinyatakan sebagai patogen prioritas oleh WHO. Kemampuan bakteri untuk menghasilkan *protein penicillin-binding* (PBP) yang dikodekan oleh gen *mecA*, yang mengurangi afinitas penicillin, dapat menjadi penyebab resistensi MRSA terhadap berbagai jenis antibiotik. MRSA pertama kali ditemukan pada tahun 1961 dan diketahui dapat menyebabkan infeksi pada aliran darah, jantung, tulang, paru-paru, dan sendi. MRSA dapat ditularkan melalui kontak langsung dengan individu yang terinfeksi atau melalui benda yang telah terkontaminasi. Ini juga dapat terjadi di komunitas dan di tempat kesehatan. Elemen genetik yang ditambahkan ke galur *Staphylococcus aureus* yang rentan menyebabkan MRSA (Najmah *et al.*, 2024).

Resistensi antimikroba dapat disebabkan oleh perubahan atau mutasi pada target antibiotik, inaktivasi antibiotik beta-laktam oleh beta-laktamase, penurunan permeabilitas membran, atau peningkatan aktivitas pompa efluks. Beberapa faktor virulensi penting bakteri MRSA yakni, Polisakarida berbentuk kapsul, protein permukaan sel, toksin ekstraseluler, dan enzim ekstraseluler. Polisakarida yang berbentuk kapsul membantu bakteri melindungi diri dari aksi protein komplemen, opsonisasi oleh antibodi, dan fagositosis. *Staphylococcal* protein-A adalah protein permukaan sel MRSA yang terlibat dalam virulensi. IgG dapat melekat pada struktur ini di dinding sel ketika mereka berada dalam sirkulasi. Selain itu, protein matriks ekstraseluler yang penting adalah faktor pembekuan fibrinogen (Lade & Kim, 2021).

Strain MRSA mengandung gen *mec* yang terintegrasi dalam kromosom bakteri. Gen *mec* adalah bagian dari struktur kromosom yang lebih kompleks yang disebut *Staphylococcal Cassette Chromosome mec* (SCC*mec*), yang menyebabkan resistensi terhadap berbagai macam jenis antibiotik tergantung pada tipe SCC*mec*. Protein pengikat penisilin (PBP) atau *penicillin-binding protein 2a* PBP-2a adalah enzim esensial pada dinding sel bakteri yang berperan dalam katalisis produksi peptidoglikan pada dinding sel. Gen *mec* yang mengkodekan PBP-2a memiliki afinitas yang tinggi terhadap MRSA. Akibatnya, strain *S. aureus* yang dapat mensintesis PBP-2A akan bertahan dan berkembang biak walaupun terpapar berbagai jenis antibiotik (Taylor & Unakal, 2023).

Toksin ekstraseluler yang diproduksi oleh MRSA termasuk toksin shock toksik (TSST), yang merupakan penyebab utama sindrom syok toksik; hemolisin, yang melisis sel darah merah host; enterotoksin sebagai superantigen (SAg),

yang menghambat reaksi imun tubuh terhadap klirens patogen; Panton-Valentine leukocidin, yang menghancurkan membran plasma sel polimorfonuklear host; dan exfoliative toxin (ET), yang merusak lapisan kulit dan menyebabkan infeksi. MRSA dapat menyebabkan berbagai infeksi organ khusus, terutama pada kulit dan jaringan subkutan, seperti selulitis, necrotizing fasciitis, dan ulkus kaki diabetik. Kemudian datang infeksi pada tulang dan sendi, seperti septic arthritis, necrotizing pneumonia, pneumonia yang berhubungan dengan ventilator, dan osteomyelitis, meningitis, pneumonia, bakteremia, dan endocarditis (Najmah *et al.*, 2024).

## **2.4 Antibakteri**

### **2.4.6 Pengertian Antibakteri**

Antibakteri adalah senyawa metabolit sekunder yang berfungsi menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri. Antimikroba adalah agen yang dapat menghambat atau membunuh pertumbuhan berbagai mikroorganisme penyebab infeksi seperti bakteri, virus, jamur, dan parasite, dengan tingkat toksisitas selektif yang tinggi. Antimikroba memiliki sifat bakteristatik dan bakteriosidal berdasarkan kemampuannya. Antimikroba ini sangat toksik bagi mikroba tetapi tidak toksik pada manusia. Kemampuan antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri disebut sebagai sifat bakteristatik sedangkan kemampuan antibakteri dalam membunuh bakteri disebut sifat bakteriosidal. Antibakteri sendiri termasuk dalam subkategori antimikroba yang secara khusus ditujukan untuk mengatasi infeksi akibat bakteri (Nankervis *et al.*, 2016).

Senyawa antibakteri memiliki kemampuan untuk menghambat dan mematikan bakteri. Proses ini memiliki cara untuk penghentian atau pemutusan siklus pertumbuhan bakteri patogen. Efektivitas antibakteri ini didasarkan pada

sifat toksisitas sefektif yang dimilikinya. Karakteristik ini memungkinkan senyawa antibakteri untuk memberikan efek toksik terhadap sel bakteri, meskipun bakteri itu sendiri tidak menghasilkan racun. Beberapa faktor berikut memengaruhi kemampuan antibakteri untuk membunuh bakteri (Octifani *et al.*, 2024).

#### 1) pH dari lingkungan

Aktivitas antibakteri dapat sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman dan kebasaan suatu lingkungan. pH ideal untuk bahan aktif farmakologis dan antibakteri berbeda-beda. Pada pH asam, beberapa antibakteri seperti nitrofurantoin sangat efektif, tetapi antibakteri lain seperti streptomisin dan sulfonamida tidak efektif pada pH basa.

#### 2) Komposisi Medium

Selain faktor pH, komposisi medium juga dapat mempengaruhi fungsi dari antibakteri. Streptomisin, misalnya, mengalami hambatan kinerja pada medium yang kaya akan kandungan garam. Demikian pula dengan sulfonamida dapat terhambat dalam medium yang mengandung banyak asam aminobenzoat (PARA).

#### 3) Stabilitas Obat-obatan

Salah satu aspek kunci lainnya adalah stabilitas senyawa antibakteri terhadap suhu. Umumnya, peningkatan suhu dapat memperkuat reaksi antibakteri terhadap bakteri patogen sehingga meningkatkan efisiensi kerja zat antibakteri. Namun, perlu dicatat bahwa tidak semua antibakteri menunjukkan performa yang lebih baik jika dipanaskan. Beberapa jenis antimikroba justru dapat kehilangan fungsinya ketika terpapar peningkatan suhu.

#### 4) Jumlah Bakteri

Jumlah bakteri merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam uji senyawa antibakteri. Hal ini karena semakin banyak jumlah bakteri, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan antibakteri untuk mengeliminasi patogen tersebut. Jika konsentrasi bakteri terlalu tinggi, efektivitas antibakteri dapat menurun secara signifikan, yang ditunjukkan dengan mengecilnya diameter zona hambat.

#### 5) Waktu Inkubasi

Lama waktu inkubasi juga faktor penting dalam pengujian senyawa antibakteri. Inkubasi yang terlalu lama berisiko memicu munculnya strain bakteri resisten, sedangkan inkubasi yang terlalu singkat dapat menghambat kerja antibakteri secara optimal karena kontak dengan bakteri belum berlangsung cukup lama.

#### 6) Metabolisme Bakteri

Aktivitas metabolisme bakteri memberikan pengaruh dalam memengaruhi kinerja antibakteri, sehingga pemahaman tentang fase pertumbuhan bakteri patogen menjadi sangat penting. Pada fase pertumbuhan aktif, bakteri cenderung lebih sensitif terhadap senyawa antibakteri karena metabolisme yang dihasilkan masih rendah. Sebaliknya, pada fase tidak aktif atau stasioner, bakteri menunjukkan ketahanan lebih tinggi terhadap senyawa antibakteri akibat perubahan dalam aktivitas metabolismenya

### **2.4.7 Mekanisme Antibakteri *Staphylococcus aureus***

Secara umum, mekanisme antibakteri diawali dengan proses perusakan dinding sel bakteri oleh senyawa antibakteri, diikuti dengan perubahan permeabilitas membrane sel, dan menghentikan sintesis protein, sehingga akhirnya akan menghentikan kerja enzim. Senyawa seperti fenol, flavonoid, dan alkaloid

adalah contoh senyawa yang memiliki kemampuan untuk merusak integritas dinding sel bakteri. Kerusakan dinding sel sebagai bagian pertahanan sel bakteri memungkinkan senyawa metabolit sekunder untuk masuk lebih dalam dan mengganggu organel lain. Membran tidak dapat mempertahankan bentuk fosfolipid karena beberapa senyawa tersebut dapat menguraikan mereka menjadi gliserol, asam karboksilat, dan asam fosfat. Akibatnya, zat dapat keluar dari sel tanpa kendali, mengganggu metabolisme, dan menyebabkan bakteri lisis. mengkoagulasi dan mendenaturasi protein serta menghambat enzim reverse transcriptase. Tanin memiliki kemampuan untuk mengkoagulasi dan mendenaturasi protein serta menghentikan enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase, yang mencegah pembentukan sel bakteri (Murray *et al.*, 2020). Menurut Radji (2019), mekanisme aktivitas antibakteri dapat dikelompokkan menjadi beberapa parameter berdasarkan cara mereka menghambat perkembangan mikroorganisme:

- 1.) Antibakteri yang memiliki kemampuan untuk menghentikan pembentukan dinding sel. Dinding sel bakteri memainkan peran penting dalam mempertahankan struktur sel bakteri, jadi zat-zat yang dapat merusak dinding sel dapat melisiskannya, mempengaruhi bentuk dan struktur sel dan akhirnya membunuh sel bakteri.
- 2.) Antibakteri yang memiliki kemampuan untuk mengganggu atau merusak membran sel. Membran sel berfungsi untuk mengatur transportasi nutrisi, perpindahan metabolit, dan proses biosintesis dan respirasi. Beberapa jenis antibakteri dapat mengganggu membran sel dan memengaruhi kehidupan sel bakteri.

- 3.) Antibakteri yang memiliki kemampuan untuk menghambat biosintesis asam nukleat. Beberapa jenis antibakteri dapat mengganggu metabolisme asam nukleat, yang berdampak pada seluruh fase pertumbuhan sel bakteri. Proses replikasi DNA di dalam sel adalah fase penting dalam kehidupan sel.
- 4.) Antibakteri yang menghentikan sintesis protein. Proses translasi (mRNA ditranslasi menjadi protein) dan transkripsi (DNA ditranskripsi menjadi mRNA) membentuk sintesis protein. Antibakteri dapat menghentikan proses ini, yang menghambat sintesis protein. Dalam konsentrasi yang rendah, zat aktif dikatakan memiliki aktivitas antibakteri karena mampu menghalangi pertumbuhan bakteri. Zat aktif dapat bersifat bakterisidal (membunuh bakteri), bakteriostatik (menghambat pertumbuhan bakteri), atau germisidal (menghambat pertumbuhan spora bakteri). Octaviani *et al.*, (2019) menyatakan bahwa jika zat aktif memiliki zona hambat yang besar pada konsentrasi rendah, maka zat tersebut memiliki potensi yang tinggi sebagai antibakteri.

## **2.5 Metode Ekstraksi**

### **2.5.6 Ekstraksi Maserasi**

Ekstraksi dapat dihasilkan dari simplisia hewani atau nabati. Proses ekstraksi melibatkan penggunaan pelarut yang sesuai untuk membedakan senyawa tertentu dari campuran. Hasil ekstraksi berupa sediaan pekat yang disebut ekstrak. Maserasi adalah proses ekstraksi analit di mana sampel direndam dalam pelarut organik (non polar atau polar) selama waktu tertentu. Salah satu metode ekstraksi adalah maserasi yang dilakukan tanpa pemanasan atau ekstraksi dingin. Metode ekstraksi yang dikenal sebagai maserasi dapat digunakan untuk bahan yang tidak tahan panas atau tahan panas. Prinsip maserasi memungkinkan zat aktif untuk terikat atau larut

dalam pelarut berdasarkan sifat kelarutannya dalam pelarut. Hal ini dicapai dengan merendam serbuk sampel dalam pelarut yang sesuai selama waktu tertentu pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya, sehingga cairan penyari dapat masuk ke dalam sel melewati dinding sel. Isi sel akan larut karena perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dan di dalam pelarut. Larutan dengan konsentrasi tinggi akan terdesak keluar dan diganti dengan cairan penyari dengan konsentrasi rendah. Proses ini berulang sampai konsentrasi larutan di dalam dan di luar sel seimbang (Sarfica *et al.*, 2021).

Metode ekstraksi dengan maserasi ini dapat diterapkan baik pada skala industri maupun skala kecil karena maserasi adalah metode sederhana yang paling umum digunakan. Metode maserasi memiliki keuntungan, seperti kecepatan ekstraksi dan kemampuan untuk menghindari pengaruh suhu, tidak membutuhkan pemanasan yang dapat merusak bahan alam, lebih banyak menyaring metabolit sekunder. Hal ini karena beberapa senyawa metabolit bersifat termolabil seperti alkaloid dan saponin, sedangkan fenol, tanin, flavonoid bersifat termostabil (Sarfica *et al.*, 2021). Namun, metode ini tidak selalu efektif dan efisien. Hal ini karena prinsip dasar ekstraksi maserasi adalah merendam bahan atau simplisia pada suhu kamar dan terlindung dari cahaya matahari. Metode ekstraksi ini membutuhkan banyak waktu dan penggunaan pelarut yang cukup banyak lebih dari 10–20 kali jumlah sel yang memungkinkan kehilangan beberapa senyawa dan membuat beberapa senyawa sulit diekstrak pada suhu kamar. Namun, metode ekstraksi ini dapat mencegah kerusakan senyawa yang bersifat termolabil selama ekstraksi (Yunita, 2024).

### 2.5.7 Pelarut Ekstraksi

Pemilihan pelarut tergantung pada jenis bahan tumbuhan dan pelarut mempunyai peran penting dalam langkah ekstraksi. Dalam proses ekstraksi, pelarut harus dipilih dengan mempertimbangkan fitur berikut: murah dan mudah didapat, netral, stabil, selektif, tidak mudah menguap atau terbakar, dan tidak mempengaruhi senyawa yang berkhasiat (Yunita, 2024). Seperti yang ditunjukkan dalam proses pelarutan, air adalah cairan yang paling umum digunakan. Namun, saat ini banyak pelarut yang digunakan, termasuk etanol, methanol, heksana, dan sebagainya. Etanol dapat digunakan untuk melarutkan senyawa polar dan non polar. Air juga dianggap sebagai pelarut yang murah dan mudah diperoleh, dan produk ekstraksinya aman untuk dikonsumsi (Badriyah & Farihah, 2023).

Indeks polaritas menunjukkan kepolaran cairan pelarut dan membantu mengklasifikasikan cairan pelarut berdasarkan sifat polaritasnya. Pelarut menjadi lebih polar seiring dengan peningkatan tetapan dielektriknya. Pemilihan pelarut harus dipertimbangkan berdasarkan beberapa hal. Salah satunya adalah bahwa cairan tersebut murah dan mudah diperoleh, stabil secara fisika dan kimia, bereaksi netral, tidak mudah menguap atau terbakar, selektif, tidak mempengaruhi zat berkhasiat, ramah terhadap lingkungan, aman untuk digunakan, dan mudah bekerja dan proses dengan pelarut tersebut menurut peraturan yang berlaku (Yunita, 2024).

Pelarut yang paling umum digunakan adalah alkohol. Hal ini karena kemampuan alkohol untuk melarutkan semua metabolit sekunder secara keseluruhan melalui simplisisa. Konstanta dielektrik alkohol adalah yang paling tinggi di antara jenis pelarut lainnya, yaitu 24,3. Disisi lain etanol adalah pelarut golongan alkohol yang paling umum digunakan karena memiliki gugus hidrosi

polar dan gugus alkil non-polar, etanol diketahui memiliki kemampuan untuk melarutkan semua jenis metabolit sekunder. Selain itu, etanol adalah pelarut selektif, netral, tidak mudah berjamur, dan memiliki tingkat absorbansi yang tinggi. Pelarut etanol 96% digunakan karena pelarut universal yang baik untuk ekstraksi semua golongan senyawa metabolit sekunder. Komponen yang banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan dan bersifat polar antara lain senyawa dari golongan fenolik sehingga digunakan pelarut bersifat polar/polaritas maksimum. Selain itu, pelarut etanol memiliki aktivitas antibakteri tertinggi dibandingkan pelarut heksana dan etil asetat (semi polar) (Naqvi *et al.*, 2020).

## **2.6 Metode Uji Antibakteri**

### **2.6.6 Metode Dilusi**

Terdapat dua jenis metode dilusi yakni dilusi cair dan dilusi padat. Pengukuran Kadar Hambat Minimum (KHM) dilakukan menggunakan metode dilusi cair, sedangkan penentuan Kadar Bakterisidal Minimum (KBM) menggunakan metode dilusi padat. Pada metode dilusi cair, pengujian dilakukan dengan membuat pengenceran beberapa konsentrasi agen antimikroba dalam media cair yang kemudian ditambahkan mikroorganisme uji. Sementara itu, metode dilusi padat dilaksanakan dengan cara menumbuhkan mikroorganisme uji pada media agar yang telah mengandung agen antimikroba. Beberapa keuntungan metode ini termasuk penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) secara kuantitatif dan menunjukkan jumlah antimikroba yang diperlukan untuk membunuh bakteri selain itu manfaat dari metode dilusi adalah kemampuannya untuk menguji efektivitas satu konsentrasi agen antimikroba terhadap berbagai jenis mikroorganisme uji secara bersamaan. Salah satu

kekurangan metode ini adalah bahwa sampel yang digunakan dalam percobaan harus jernih karena pengamatan sampel yang keruh akan menjadi lebih sulit dan memerlukan lebih banyak alat (Munira & Nasir, 2023).

### **2.6.7 Metode Difusi**

Prinsip metode ini bergantung pada pengukuran zona hambat pertumbuhan bakteri yang disebabkan oleh aktivitas antibakteri pada media padat. Zona hambat pertumbuhan bakteri adalah area yang jernih, dan semakin luas zona hambatnya, semakin kuat aktivitas antibakterinya. Berikut beberapa macam pengujian Antibakteri metode difusi:

#### **2.6.7.2 Metode difusi cakram**

Metode difusi cakram juga dikenal sebagai tes Kirby dan Bauer, yang merupakan salah satu cara untuk menunjukkan aktivitas agen antimikroba. Cakram dise yang mengandung agen antimikroba diletakkan di permukaan media padat yang telah ditanami mikroorganisme. Hasilnya terdapat area yang jernih pada permukaan media yang menghalangi pertumbuhan mikroorganisme. Kekurangan dari metode ini adalah tidak semua ekstrak terserap dalam kertas cakram saat menggunakan difusi cakram. Selain itu ukuran zona bening ditentukan oleh kondisi inkubasi, predifusi, inoculum dan preinkubasi serta tebalnya medium sehingga jika keempat faktor ini tidak sesuai maka akan mempengaruhi hasil dan sulit untuk diinterpretasikan (Chukwudi *et al.*, 2021).

#### **2.6.7.3 Metode Difusi Sumuran**

Metode difusi sumuran dilakukan dengan membuat suatu lubang atau sumur pada media yang telah diinokulasi dengan bakteri dengan jumlah agen antimikroba yang akan diujikan. Kemudian, lubang atau sumur tersebut diisi dengan agen

antimikroba yang akan diujikan dan kemudian diinkubasi. Setelah diinkubasi, pengamatan dilakukan untuk memastikan apakah ada zona hambat di sekitar lubang. Pembacaan diameter daerah hambat (DDH) total jika zona hambat yang terbentuk di sekitar sumuran tidak terlihat, zona hambat tersebut adalah nol. Diameter zona hambat dalam satuan mm dihitung dengan jangka sorong. Karena bakteri beraktivitas di bawah dan di atas nutrien agar, metode difusi sumuran memudahkan pengukuran luas zona hambat yang terbentuk. Difusi sumuran memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi daripada difusi cakram (Chukwudi *et al.*, 2021). Selanjutnya diukur diameter zona hambat menggunakan jangka sorong dan dihitung hasilnya dengan rumus berikut:

$$\text{Diameter zona hambat} = \frac{(D1 - DS) + (D2 - DS)}{2}$$

Keterangan: D1: Diameter vertikal

D2: Diameter horizontal

DS: Diameter sumuran

**Tabel 2.3 Kriteria Kekuatan Antibakteri menurut Davis dan Stout, 1971 dalam Mengko *et al.*, 2022)**

<b>Diameter Zona Hambat</b>	<b>Kategori Kekuatan Antibakteri</b>
<b>0-5 mm</b>	Zona Hambat Lemah
<b>5-10 mm</b>	Zona Hambat Sedang
<b>10-20 mm</b>	Zona Hambat Kuat
<b>&gt;20 mm</b>	Zona Hambat Sangat Kuat

**Tabel 2.3** Merupakan standar untuk kekuatan antibakteri yang menunjukkan bahwa zona hambat antibakteri diklasifikasikan berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk. Diameter zona hambat diukur dengan jangka sorong yang digunakan dengan satuan mili meter (mm). Adanya daerah bening di sekitar media yang diberikan agen antibakteri atau antibiotik menunjukkan zona hambat yang terbentuk (Carroll & Pfaller, 2023).

### **2.6.8 Pengujian Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)**

Konsentrasi Hambat Minimum juga dikenal sebagai KHM, adalah konsentrasi terkecil yang dibutuhkan oleh senyawa antibakteri untuk menghentikan pertumbuhan bakteri. Apabila dosisnya ditingkatkan melebihi KHM, kemampuan antibakteri dapat berubah menjadi bakterisidal (Fitriana *et al.*, 2020). Pengujian KHM dapat dilakukan dengan metode serial dilusi yang dikombinasikan dengan pengukuran turbidimetri untuk mengamati tingkat kekeruhan. Metode dilusi dilakukan dengan mencampurkan suspensi bakteri dan ekstrak dalam media cair dengan berbagai konsentrasi, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Pengamatan dilakukan secara visual dengan membandingkan tingkat kekeruhan antara tabung uji dengan kontrol negatif. Apabila larutan dalam tabung terlihat mulai lebih jernih daripada kontrol negatif, hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri mulai terhambat dan konsentrasi tersebut ditetapkan sebagai nilai KHM. Sebaliknya, jika kekeruhan setara atau lebih keruh dari kontrol negatif, mengindikasikan bahwa bakteri masih dapat tumbuh pada konsentrasi tersebut (Munira & Nasir, 2023).

Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) merupakan parameter lanjutan yang digunakan untuk menentukan konsentrasi terendah antimikroba yang dapat membunuh mikroorganisme yang diukur dengan mengamati tidak adanya pertumbuhan bakteri setelah subkultur pada media agar (Munira & Nasir, 2023). Tidak adanya pertumbuhan menunjukkan konsentrasi efektif membunuh bakteri, sementara adanya pertumbuhan mengindikasikan konsentrasi yang diuji tidak mampu menghentikan perkembangan mikroorganisme. (Assauqi *et al.*, 2023). Menurut Purnomo *et al.*, (2020), penentuan KBM dilakukan dengan

menginokulasikan sampel dari hasil uji KHM ke media padat dan mengamati ada tidaknya pertumbuhan koloni setelah inkubasi. Perhitungan jumlah mikroba yang hidup dilakukan dalam satuan *Colony Forming Unit* (CFU)/ml. CFU merepresentasikan jumlah sel mikroorganisme hidup yang mampu membentuk koloni. Jumlah koloni bakteri dari sampel dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Koloni/gr} = \Sigma \text{ koloni per cawan} \times 1/\text{faktor pengenceran.}$$

Dalam penghitungan koloni, terdapat beberapa ketentuan standar yang perlu diperhatikan, yaitu (Soesetyaningsih & Azizah, 2020):

- 2 Cawan yang dipilih dan dihitung adalah yang mengandung jumlah koloni antara 30-300 CFU/mL, jika jumlah koloni tiap sampel lebih dari 300 CFU/mL dikategorikan sebagai terlalu banyak untuk dihitung (TBUD) atau *too numerous to count* (TNTC);
- 3 Beberapa koloni yang bergabung menjadi satu atau satu deret rantai koloni yang terikat sebagai suatu garis dihitung sebagai satu koloni;
- 4 koloni ganda yang bersentuhan namun dapat dibedakan dihitung sebagai dua koloni
- 5 Koloni yang tumbuh menutup lebih besar dari setengah luas cawan petri, tidak disebut sebagai koloni melainkan spreader;
- 6 Jika hasil perbandingan jumlah bakteri dari hasil pengenceran berturut-turut antara pengenceran yang lebih besar dengan pengenceran sebelumnya adalah  $< 2$  maka hasilnya dirata-rata, namun jika hasilnya  $\geq 2$ , maka menggunakan jumlah mikroba dari hasil pengenceran sebelumnya (pengenceran terkecil).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental secara *in vitro* yang bertujuan mengevaluasi aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum* L.) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmanii*, Nees & T. Nees) terhadap *Staphylococcus aureus* dengan analisis deskriptif kuantitatif. Pengujian zona hambat menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 13 perlakuan dan 3 pengulangan percobaan, yang terdiri dari ekstrak tunggal bawang putih (EBP) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, serta ekstrak tunggal kayu manis (EKM) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%. Kemudian kombinasi ekstrak dengan total konsentrasi 60% dalam tiga perbandingan yaitu (EBP 20% + EKM 40%), (EBP 30% + EKM 30%), dan (EBP 40% + EKM 20%). Sebagai pembanding, kontrol positif (klindamisin 1%) dan kontrol negatif (Aquades) (Tabel 3.1)

**Tabel 3.1 Formula Kombinasi Ekstrak Umbi Bawang Putih dan Kayu Manis**

Kode Perlakuan	Konsentrasi (%)
F1	EBP 20
F2	EBP 30
F3	EBP 40
F4	EBP 60
F5	EKM 20
F6	EKM 30
F7	EKM 40
F8	EKM 60
F9	EKM40: EBP 20
F10	EKM 30: EBP30
F11	EKM 20: EBP 40
F12	Kontrol positif
F13	Kontrol negatif

**Ket:** Ekstrak Bawang Putih (**EBP**)  
Ekstrak Kayu Manis (**EKM**)

Efektivitas kombinasi ekstrak ditentukan melalui tiga parameter yaitu, uji zona hambat digunakan untuk mengukur diameter zona bening yang terbentuk di sekitar sumuran, memberikan indikasi awal efektivitas antibakteri secara kualitatif. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dilakukan untuk menentukan konsentrasi terendah yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri menggunakan metode dilusi, memberikan hasil yang lebih kuantitatif. Sedangkan KBM menentukan konsentrasi minimal yang dapat membunuh bakteri, dilakukan dengan menumbuhkan sampel dari uji KHM ke media padat.

### **3.2 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Mei 2025. Proses pembuatan ekstrak dilakukan di Laboratorium Biokimia, dan uji aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Malang.

### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat**

Alat yang digunakan meliputi: timbangan, cawan petri, pinset, labu ukur, erlenmeyer, beaker glass, toples kaca, batang pengaduk, magnetic stirrer, aluminium foil, kertas saring, autoklaf, inkubator, rotary evaporator, jangka sorong, jarum ose, *hot plate*, pipet volume, mikropipet, pinset, rak tabung reaksi, tabung reaksi, bunsen, lemari pendingin, neraca analitik, *Laminar Air Flow* (LAF), spektrofotometri UV-Vis, vortex, spreader, korek api, cock borer, dan stric barrer.

#### **3.3.2 Bahan**

Bahan yang digunakan terdiri dari simplisia umbi bawang putih dan kulit kayu manis, isolat bakteri *Staphylococcus aureus* dari Fakultas Kedokteran

Universitas Brawijaya, Nutrien Agar (NA), Nutrien Broth (NB), kapas steril, etanol 96% 3L, aquades, antibiotik Vankomicin, larutan NaCl 0,9%, Larutan BaCl<sub>2</sub> 1 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%, alkohol 70%.

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Preparasi Sampel**

Preparasi sampel adalah tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini. Sampel tanaman yang digunakan meliputi serbuk simplisia umbi bawang putih dan kulit kayu manis yang didapatkan dari UPT. Materia Medica Batu Malang.

#### **3.4.2 Pembuatan Ekstrak Umbi Bawang Putih dan Kulit Kayu Manis dengan Maserasi**

Ekstrak umbi bawang putih dan kulit kayu manis dibuat dengan cara merendam serbuk umbi bawang putih dan kulit kayu manis masing – masing 300 gram kemudian dimasukkan ke dalam toples kaca berbeda dan ditambahkan 1,5 L (1500 mL) pelarut etanol 96% sampai terendam dengan perbandingan 1:5, kemudian ditutup dengan aluminium foil, dan dibiarkan terlindung dari cahaya selama 3x 24 jam sambil sesekali diaduk sehari minimal sekali. Setelah 3 hari kemudian disaring dengan kertas saring dan diambil ampasnya. Hasil penyaringan, kemudian diuapkan menggunakan alat *rotary evaporator* dengan suhu 60°C hingga diperoleh ekstrak kental (Badriyah & Farihah, 2023).

### **3.5 Prosedur Uji Aktivitas Antibakteri**

#### **3.5.1 Sterilisasi Alat**

Alat yang akan digunakan dicuci hingga bersih dan kering. Media yang sudah dibuat di sterilisasi bersama dengan alat-alat lain yang akan dipakai seperti

cawan petri, tabung reaksi, tip mikropipet. Sterilisasi menggunakan Autoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  tekanan 1 atm selama 15 menit.

### **3.5.2 Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)**

Dalam penelitian ini, bakteri uji ditanam dengan media padat nutrien Agar (NA). Media ini juga digunakan untuk uji zona hambat bakteri dengan metode difusi sumuran. Pembuatan media NA dilakukan dengan melarutkan 20 gram serbuk NA ke dalam 1000 mL aquades kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dihomogenkan. Panaskan suspensi pada hot plate dan aduk dengan magnetic stirrer hingga mendidih untuk menghomogenkannya. Media NA yang sudah siap ditutup menggunakan kapas dan plastic wrap. Kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf. Proses sterilisasi berlangsung selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm (CLSI, 2012).

### **3.5.3 Pembuatan Media Nutrient Broth (NB)**

Nutrien broth atau NB adalah media cair untuk melakukan uji KHM. Pembuatan media NB dilakukan dengan melarutkan 1,8 gram serbuk NB ke dalam 100 ml aquades di dalam erlenmeyer. Larutan NB yang sudah siap dimasukkan kedalam tabung stereril. Lalu ditutup rapat, dan larutan kemudian disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm.

### **3.5.4 Peremajaan Bakteri *Staphylococcus aureus***

Media yang sudah disterilisasi, biarkan suhunya turun sampai  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  pada suhu ruang. Setelah itu, dimasukan kedalam cawan petri steril. Biarkan media padat dalam cawan petri  $\pm 20$  menit. Peremajaan bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan diinokulasikan isolat bakteri kedalam cawan petri berisi media NA padat dengan teknik *streak plate*. setelah diinokulasikan bakteri, cawan petri

dibungkus dengan plastic wrap dan dimasukkan ke dalam inkubator secara terbalik pada suhu 37<sup>0</sup> C selama 1x24 jam (Rosmania & Yanti, 2020). Bakteri yang tumbuh nantinya digunakan untuk pembuatan suspensi bakteri

### **3.5.5 Pembuatan Suspensi Bakteri *Staphylococcus aureus***

Suspensi mikroba yang akan digunakan, terlebih dahulu disesuaikan kekeruhannya dengan standar 0,5 McFarland yang setara dengan kepadatan bakteri 10<sup>8</sup> CFU/mL. Pembuatan standar McFarland yakni sebanyak 9,95 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% ditambahkan 0,05 ml larutan BaCl<sub>2</sub> 1,% (Rosmania & Yanti, 2020). Pembuatan suspensi bakteri uji, yakni sebanyak 1 ose bakteri dilarutkan dalam 9 mL larutan NaCl 0,9 %. Masing-masing larutan di vortex hingga homogen, kemudian disterakan jumlah kepadatan selnya dengan larutan standar 0,5 McFarland menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Jika nilai absorbansi diperoleh 0,08-0,1 artinya telah sesuai dengan standar larutan McFarland 0,5 (1,5×10<sup>8</sup> CFU/mL). Penggunaan larutan standard McFarland adalah sebagai referensi untuk menyesuaikan kekeruhan bakteri suspensi sehingga jumlah bakteri dalam kisaran yang diberikan untuk membakukan bakteri uji (Earlia *et al.*, 2023).

### **3.5.6 Pembuatan Konsentrasi Larutan Uji**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel pembanding, yaitu kombinasi ekstrak dengan perbandingan konsentrasi 40%:20%, 30%:30%, dan 20%:40%, ekstrak tunggal bawang putih dan kayu manis masing-masing pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, serta digunakan kontrol positif berupa klindamisin 1% dan kontrol negatif berupa aquades Uji aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak etanol umbi bawang putih dan kulit kayu manis terhadap bakteri

*Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi sumuran, diperoleh hasil berupa ada tidaknya zona bening yang terbentuk di sekitar sumur uji. Zona bening tersebut menunjukkan kondisi di sekitar sumur yang steril dari mikroba (Carroll & Pfaller, 2023). Formulasi dari setiap konsentrasi disajikan pada tabel 3.4 sebagai berikut.

**Tabel 3.2 Formulasi Sampel Uji**

Sampel	Kode	Konsentrasi (%)	Berat Sampel (gram)	Volume Aquades (ml)	Replikasi
<b>Ekstrak Bawang Putih (EBP)</b>	F1	20	2	Ad 10	3
	F2	30	3	Ad 10	3
	F3	40	4	Ad 10	3
	F4	60	6	Ad 10	3
<b>Ekstrak Kayu Manis (EKM)</b>	F5	20	2	Ad 10	3
	F6	30	3	Ad 10	3
	F7	40	4	Ad 10	3
	F8	60	6	Ad 10	3
<b>Kombinasi EKM: EBP</b>	F9	40:20	4:2	Ad 10	3
	F10	30:30	3:3	Ad 10	3
	F11	20:40	2:4	Ad 10	3
<b>Kontrol positif (K<sup>+</sup>)</b>	F12	Klindamisin 1%	0,1	Ad 10	3
<b>Kontrol negatif (K<sup>-</sup>)</b>	F13	Aquades	-	Ad 10	3

### 3.5.7 Uji Zona Hambat Metode Difusi Sumuran

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi ekstrak umbi bawang putih dan kulit kayu manis dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Pengujian ini menggunakan metode difusi sumuran dengan memasukkan 100  $\mu$ L suspensi bakteri uji ke dalam cawan petri steril, kemudian dituangkan media Nutrient Agar (NA) hangat dan dihomogenkan dengan gerakan putaran angka 8 hingga suspensi bakteri tersebar merata menggunakan teknik *pour plate*. Media kemudian dibiarkan memadat dan isolat *Staphylococcus aureus* didiamkan hingga kering sekitar 5 menit (Rahmadeni *et al.*, 2019).

Selanjutnya, dibuat lubang sumuran pada media menggunakan *cork borer* yang sudah diaseptiskan di atas bunsen. Kemudian dalam setiap lubang sumuran dimasukkan 0,5 mL ekstrak tunggal bawang putih (EBP) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, ekstrak tunggal kayu manis (EKM) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, serta kombinasi ekstrak dengan perbandingan konsentrasi (20%:40%, 30%:30%, dan 40%:20%) dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Sebagai pembanding, ditambahkan kontrol positif berupa larutan klindamisin 1% dan kontrol negatif dengan aquades masing-masing sebanyak 0,5 mL. Media yang telah diberi perlakuan kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, dilakukan pengamatan dan pengukuran zona hambat yang terbentuk menggunakan jangka sorong dan dihitung hasilnya dengan rumus berikut (Davis dan Stout, 1971 dalam Mengko *et al.*, 2022):

$$\text{Diameter zona hambat} = \frac{(D1-DS)+(D2-DS)}{2}$$

Keterangan:

D1: Diameter vertikal

D2: Diameter horizontal

DS: Diameter sumuran

Hasil diameter zona hambat dikategorikan dalam kelompok sebagai berikut:

**Tabel 3.3** Kategori Perhitungan Zona hambat (Davis dan Stout, 1971)

<b>D</b>	<b>Kategori</b>
<b>&lt;5 mm</b>	Lemah
<b>5-10 mm</b>	Sedang
<b>10-20 mm</b>	Kuat
<b>&gt;20 mm</b>	Sangat Kuat

### 3.5.8 Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)

Pengujian KHM dilakukan dengan tujuan mengetahui konsentrasi terendah kombinasi ekstrak umbi bawang putih dan kulit kayu manis yang dapat

menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Penentuan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dilakukan menggunakan metode dilusi tabung dengan pengukuran turbidimetri (kekeruhan) (Munira & Nasir, 2023). Disiapkan tabung reaksi steril sesuai dengan jumlah perlakuan yang diuji. Setiap tabung diisi dengan 3,5 mL media Nutrient Broth (NB) dan 0,5 mL suspensi bakteri *S. aureus* yang telah distandarisasi dengan standar McFarland 0,5.

Pada tabung uji ditambahkan 1 mL ekstrak tunggal bawang putih (EBP) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, ekstrak tunggal kayu manis (EKM) pada konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, serta kombinasi ekstrak dengan perbandingan (20%:40%, 30%:30%, dan 40%:20%). Tabung kontrol positif (K+) dibuat dengan menambahkan 1 mL antibiotik klindamisin 1%, sedangkan kontrol negatif (K-) dibuat dengan menambahkan 1 mL aquades. Seluruh tabung diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi, dilakukan pengamatan kekeruhan secara visual pada masing-masing tabung. Nilai KHM ditentukan pada konsentrasi ekstrak terendah yang menunjukkan kejernihan lebih tinggi dibandingkan kontrol negatif, yang mengindikasikan adanya penghambatan pertumbuhan bakteri.

### **3.5.9 Uji Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)**

Pengujian Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) merupakan tahap lanjutan dari uji KHM, yaitu dilakukan setelah nilai KHM diperoleh untuk menentukan kemampuan bakterisidal ekstrak. Media Nutrient Agar (NA) sebanyak 15 mL dituang ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan memadat. Sampel pada hasil uji KHM diambil sebanyak 1 mL untuk diinokulasikan pada media NA dan disebar di atas permukaan media. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam. KBM ditentukan dengan mengamati ada tidaknya pertumbuhan koloni bakteri pada

media. Konsentrasi terendah yang tidak menunjukkan pertumbuhan bakteri ditetapkan sebagai nilai KBM. Jumlah mikroba hidup dihitung dalam satuan CFU/mL dengan mengalikan jumlah koloni dengan faktor pengenceran sebagai berikut (Purnomo *et al.*, 2020):

$$\text{Koloni/gr} = \Sigma \text{ koloni per cawan} \times 1/\text{faktor pengenceran.}$$

### 3.6 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri atas data kuantitatif dan kualitatif. Aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak umbi bawang putih (*Allium sativum*) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) dapat diketahui dengan cara menghitung diameter daya hambat (mm) pada ekstrak tunggal bawang putih (EBP) konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, ekstrak tunggal kayu manis (EKM) konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 60%, kombinasi ekstrak dengan perbandingan (20%:40%, 30%:30%, dan 40%:20%), kontrol negatif (aquades) dan kontrol positif (klindamisin 1%). Analisis data yang digunakan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak etanol umbi bawang putih (*Allium sativum*) dan kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* adalah menggunakan uji statistik *One Way ANOVA* (*Analysis of Variance*) dengan sig <0,05. Pengujian *One Way ANOVA* yang dilakukan adalah dengan membandingkan diameter daya hambat pada ekstrak tunggal EBP dan EKM (masing-masing 20%, 30%, 40%, 60%), kombinasi ekstrak (20%:40%, 30%:30%, dan 40%:20%), kontrol negatif (aquades) dan kontrol positif (klindamisin 1%). Sebelum melakukan analisis dengan metode *One Way ANOVA*, uji normalitas dilakukan terlebih dahulu. Uji normalitas Shapiro-Wilk digunakan untuk

menentukan apakah data yang dikumpulkan berdistribusi normal atau tidak. Apabila nilai sig > 0,05, maka data berdistribusi normal.

Uji *One Way ANOVA* dapat dilakukan jika data memenuhi syarat normalitas dan homogenitas. Analisis parametrik ini bertujuan untuk mengevaluasi adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan dengan kriteria nilai p-value <0,05. Apabila hasil *One Way ANOVA* menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan *Post Hoc Test* Duncan atau LSD (*Least Significant Difference*) untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar kelompok perlakuan berdasarkan diameter zona penghambatan yang terbentuk.

Penentuan nilai KHM (Kadar Hambat Minimum) dilakukan dengan mengamati konsentrasi terendah dari ekstrak yang masih mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengamatan dilakukan melalui evaluasi tingkat kejernihan medium cair pada berbagai konsentrasi ekstrak. Konfirmasi nilai KHM dilakukan dengan menginokulasikan hasil dari konsentrasi yang menunjukkan kejernihan pada medium agar padat untuk memastikan tidak adanya pertumbuhan bakteri yang terlihat secara visual. Sementara itu, penetapan nilai KBM (Kadar Bunuh Minimum) didasarkan pada konsentrasi terkecil ekstrak yang dapat membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* secara total. Hal ini dapat diidentifikasi melalui tidak adanya pertumbuhan koloni bakteri ketika dikulturkan pada medium agar padat. Data yang diperoleh dari pengujian KHM dan KBM kemudian dianalisis secara deskriptif baik kualitatif maupun kuantitatif untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi antibakteri ekstrak umbi bawang putih dan kulit kayu manis baik secara tunggal maupun kombinasi.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol (*Allium sativum* dan *Cinnamomum burmannii*)

Aktivitas antibakteri ekstrak etanol umbi bawang putih dan kulit kayu manis menggunakan metode difusi sumuran menunjukkan bahwa ekstrak tunggal maupun kombinasi dari kedua ekstrak pada berbagai konsentrasi memiliki aktivitas antibakteri dengan diameter zona hambat yang bervariasi berdasarkan kategori kekuatannya. Sebelum menyajikan data deskriptif zona hambat, terlebih dahulu dilakukan analisis statistik inferensial untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan signifikan antar perlakuan melalui uji prasyarat dan analisis varians (ANOVA) yang hasilnya disajikan pada (Tabel 4.1).

**Tabel 4.1 Hasil Uji Asumsi dan Analisis Varians (ANOVA) Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih dan Kayu Manis terhadap *Staphylococcus aureus***

Sampel Uji	Konsentrasi	Normality Test	Homogeneity Test	Anova Welch's
Ekstrak Bawang Putih (EBP)	20	1,000	0,0000	0,000
	30	0,363		
	40	0,726		
	60	0,241		
Ekstrak Kayu Manis (EKM)	20	0,856		
	30	0,948		
	40	0,750		
	60	0,780		
Kombinasi EBP: EKM	40:20	0,817		
	30:30	0,747		
	20:40	0,664		
(K <sup>+</sup> )	1	0,298		

Keterangan: Normality = P>0,05

Homogeneity = P>0,05

Anova = P<0,05

Hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki nilai signifikansi > 0,05, yang berarti data zona hambat

dari semua perlakuan berdistribusi normal dan memenuhi asumsi normalitas untuk analisis parametrik. Namun, hasil uji homogenitas varians menggunakan Levene test menunjukkan nilai signifikansi  $0,000 < 0,05$ , yang menunjukkan bahwa varians antar kelompok perlakuan tidak homogen. Karena hanya salah satu asumsi terpenuhi yaitu normalitas, namun tidak dengan homogenitas, analisis dilanjutkan menggunakan Welch's ANOVA sebagai metode alternatif one-way ANOVA yang tidak mengharuskan varians homogen dan lebih tahan terhadap pelanggaran asumsi equal variance (Hadızah *et al.*, 2022).

Hasil analisis varians menggunakan Welch's ANOVA (karena varians tidak homogen) menunjukkan nilai signifikansi  $0,000 < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan yang sangat signifikan aktivitas antibakteri antar perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak tunggal maupun kombinasi memberikan efek yang berbeda terhadap zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus*, sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda secara signifikan dengan uji post hoc menggunakan Games-Howell. Uji ini dipilih karena tidak mengharuskan varians yang homogen antar kelompok dan lebih tahan terhadap ketidakhomogenan varians dibandingkan dengan uji post hoc lainnya seperti Tukey HSD atau LSD (Zaiontz, 2015 dalam Choirin *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil uji lanjut Games-Howell (Tabel 4.2), kontrol negatif menunjukkan zona hambat terendah (0,0 mm) dan berbeda signifikan dengan semua perlakuan ekstrak (Tabel 4.2). Ekstrak tunggal bawang putih menunjukkan peningkatan aktivitas seiring peningkatan konsentrasi, dimana EBP 20% (6,20 mm) memiliki zona hambat terendah, diikuti EBP 30% (6,50 mm), EBP 40% (7,46 mm),

dan EBP 60% (9,61 mm). Demikian pula ekstrak kayu manis, EKM 20% (7,56 mm) hingga EKM 60% (10,73 mm) menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri.

**Tabel 4.2 Hasil Uji Diameter Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih dan Kayu Manis Pada Pertumbuhan Bakteri *S. aureus***

Sampel Uji	Konsentrasi (%)	Diameter Zona Hambat (mm) Bakteri <i>S. aureus</i>	
		Rata-rata±SD	Kategori
Ekstrak Bawang Putih (EBP)	20	6,20 ± 0,05 <sup>b</sup>	Sedang
	30	6,50 ± 0,13 <sup>b</sup>	Sedang
	40	7,46 ± 0,04 <sup>c</sup>	Sedang
	60	9,61 ± 0,24 <sup>d</sup>	Sedang
Ekstrak Kayu Manis (EKM)	20	7,56 ± 0,12 <sup>b</sup>	Sedang
	30	8,59 ± 0,36 <sup>bcd</sup>	Sedang
	40	9,73 ± 0,47 <sup>d</sup>	Sedang
	60	10,73 ± 0,26 <sup>de</sup>	Kuat
Kombinasi EBP: EKM	40:20	13,43 ± 0,06 <sup>e</sup>	Kuat
	30:30	14,51 ± 0,07 <sup>e</sup>	Kuat
	20:40	15,57 ± 0,17 <sup>f</sup>	Kuat
(K <sup>+</sup> )	1	16,52 ± 0,05 <sup>g</sup>	Kuat
(K <sup>-</sup> )	0	0 ± 0,0 <sup>a</sup>	Tidak ada

Keterangan: - K(+) = Kontrol Positif (Klindamisin)

- K(-) = Kontrol Negatif (Aquades)

- ≤ 5 = Lemah

6-10 = Sedang

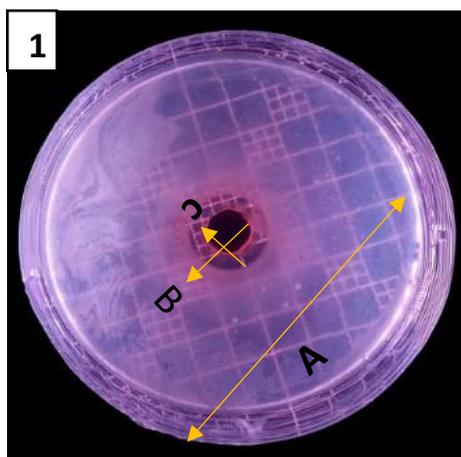
11-20 = Kuat

≥21 = Sangat Kuat (Davis dan Stout, 1971)

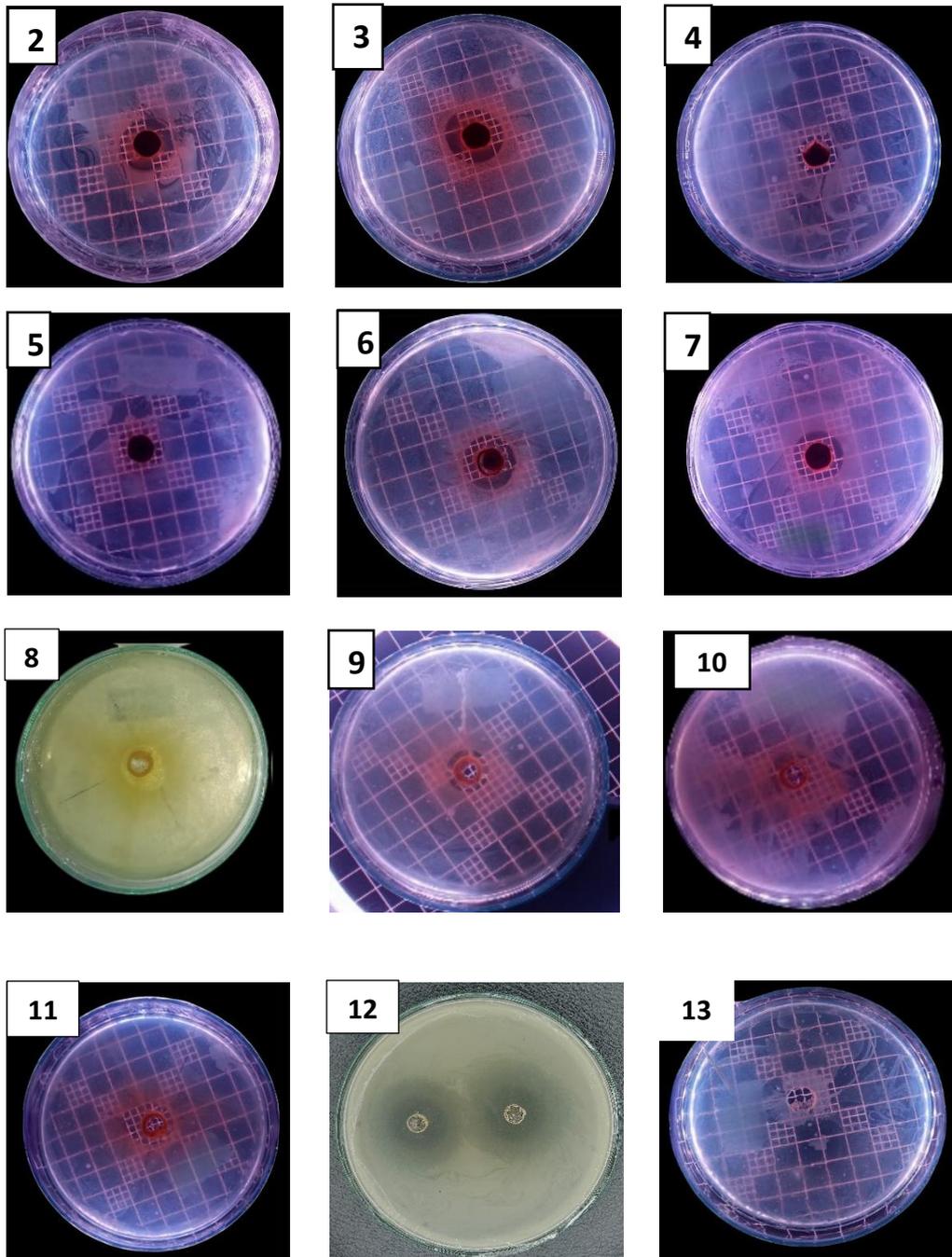
Kombinasi ekstrak menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi dibandingkan ekstrak tunggal. EBP 40%:EKM 20% (13,43 mm), EBP 30%:EKM 30% (14,51 mm), dan EBP 20%:EKM 40% (15,57 mm) semuanya menunjukkan zona hambat kategori kuat yang berbeda signifikan dengan semua ekstrak tunggal. Pada kombinasi EBP 20%:EKM 40% memberikan aktivitas tertinggi (15,57 mm), mendekati kontrol positif klindamisin (16,52 mm), mengindikasikan adanya efek sinergis yang optimal pada perbandingan konsentrasi tersebut. Hal ini menunjukkan

potensi efek sinergis dari kombinasi kedua ekstrak, sehingga menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi.

Aktivitas antibakteri ekstrak tunggal maupun kombinasi terhadap *S. aureus* dapat diamati melalui terbentuknya zona bening di sekitar sumuran yang telah ditambahkan sampel uji (Gambar 4.1). Berdasarkan hasil pengamatan, ekstrak tunggal bawang putih menunjukkan adanya peningkatan diameter zona hambat yang terbentuk seiring dengan peningkatan konsentrasi. Pada ekstrak bawang putih (EBP), diameter zona hambat meningkat dari 6,20 mm pada konsentrasi 20% hingga 9,61 mm pada konsentrasi 60%. Sementara itu, ekstrak kayu manis (EKM) menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi dengan diameter zona hambat berkisar dari 7,56 mm pada konsentrasi 20% hingga 10,73 mm pada konsentrasi 60%. Berdasarkan kriteria Davis dan Stout 1971 (dalam Mengko *et al.*, 2022), seluruh ekstrak tunggal bawang putih termasuk kategori sedang, sedangkan ekstrak kayu manis konsentrasi 20-40% berkategori sedang dan konsentrasi 60% berkategori kuat.



**Gambar 4.1** Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih (EBP) dan Kayu Manis (EKM) terhadap *S. aureus*. A) Bakteri uji *S. aureus*; B) Zona bening; C) Sampel uji ekstrak tanaman. Perlakuan: 1) Kombinasi EBP 40%: EKM 20%



**Gambar 4.2 Hasil Zona Hambat Ekstrak Bawang Putih (EBP) dan Kayu Manis (EKM) terhadap *S. aureus*;** 2) Kombinasi EBP 30%: EKM 30%; 3) Kombinasi EBP 20%: EKM 40%; 4) EKM 20%; 5) EKM 30%; 6) EKM 40%; 7) EKM 60%; 8) EBP 20%; 9) EBP 30%; 10) EBP 40%; 11) EBP 60%; 12) Kontrol positif; 13) Kontrol negatif

Hasil pada kombinasi kedua ekstrak menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak tunggal dengan diameter zona hambat yang bervariasi pada setiap perbandingan konsentrasi. Diameter zona hambat kombinasi EBP: EKM pada perbandingan konsentrasi 40%:20%; 30%:30% dan 20%:40% berturut-turut adalah sebesar 13,43 mm, 14,51 mm, dan 15,57 mm, yang semuanya termasuk kategori kuat. Perbandingan EBP 20%: EKM 40% menghasilkan aktivitas antibakteri optimal dengan diameter zona hambat 15,57 mm, yang hampir menyamai kontrol positif klindamisin dengan diameter zona hambat 16,52 mm, sedangkan kontrol negatif aquades tidak menunjukkan adanya aktivitas antibakteri.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Habib *et al.*, (2021) yang menunjukkan bahwa ekstrak kayu manis memiliki aktivitas antibakteri lebih tinggi daripada bawang putih terhadap bakteri Gram positif, termasuk *Staphylococcus aureus*. Perbedaan efektivitas ini terjadi karena kandungan senyawa fenolik yang berbeda dan mekanisme kerja yang spesifik. Ekstrak kayu manis mengandung sinamaldehida yang memiliki kemampuan penetrasi dinding sel bakteri yang lebih baik, sementara bawang putih mengandung allicin yang meskipun efektif namun memiliki stabilitas yang lebih rendah dalam ekstrak etanol. Efek sinergis pada kombinasi kedua ekstrak menunjukkan adanya interaksi positif antara senyawa aktif allicin dari bawang putih dan sinamaldehida dari kayu manis dalam menghambat pertumbuhan *S. aureus*.

Mekanisme antibakteri oleh senyawa allicin yang dimiliki bawang putih berperan aktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme penghambatan produksi RNA dan sintesis lipid. Mekanisme penghambatan ini mengakibatkan terganggunya produksi asam amino dan protein, serta terhambatnya

pembentukan bilayer fosfolipid pada dinding sel bakteri, yang pada akhirnya mencegah terjadinya pertumbuhan dan perkembangan bakteri (Kristiananda *et al.*, 2022). Selain itu, bawang putih diketahui mengandung senyawa aktif lain seperti minyak atsiri, alkaloid, tanin, saponin, dan flavonoid yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme seperti merusak dinding sel, melisiskan sel, maupun menghambat aktivitas enzim proteolitik bakteri (Indrayati & Diana, 2020).

Berbeda dengan bawang putih yang bekerja melalui penghambatan sintesis molekuler, senyawa aktif utama kayu manis yaitu sinamaldehida memiliki mekanisme antibakteri yang khas dengan cara mengikat protein membran sel bakteri dan menghambat pembentukan peptidoglikan serta enzim-enzim penting pada bakteri (Rumanti *et al.*, 2021). Sinamaldehida juga dapat merusak integritas dinding sel bakteri melalui interaksi dengan komponen struktural sel. Selain sinamaldehida, kayu manis juga mengandung senyawa bioaktif lain seperti eugenol, flavonoid, dan terpenoid yang bekerja melalui penghancuran membran plasma dan protein membran serta mengangkut isi sel. Hidrofobisitas eugenol dapat mempengaruhi aktivitas antibakteri, sifat hidrofobisitas ini dapat memisahkan lipid dari membran sel dan mitokondria bakteri dan mengubah bentuk untuk memperbaiki penetrasi di dalam membran sel. Eugenol juga memiliki aktivitas antibakteri karena dapat memblokir aliran elektron dan transpor aktif, serta menyebabkan pembekuan isi sel (Waang & Budiana, 2024).

Kedua ekstrak memiliki mekanisme kerja yang berbeda namun saling melengkapi. Ekstrak kayu manis berperan dalam merusak struktur fisik sel bakteri dari luar, sementara ekstrak bawang putih mengganggu proses metabolisme sel dari

dalam. Kombinasi ini menciptakan lapisan pertahanan ganda yang lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga mampu meningkatkan efektivitas kerja antibakteri secara keseluruhan. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan Harlita *et al.*, (2022) tentang pengujian kombinasi pada ekstrak bawang dayak dan rimpang jahe yang memiliki kandungan senyawa yang berbeda-beda dan beragam menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih luas. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak kedua tanaman ini memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan, karena kandungan senyawa yang lebih beragam dan saling melengkapi. Bawang dayak mengandung kelompok senyawa utama flavonoid, terpenoid, alkaloid, tanin, dan steroid, sementara jahe merah mengandung minyak atsiri dan oleoresin.

Putri *et al.*, (2022) menyatakan bahwa semakin luas zona bening yang terbentuk, menunjukkan semakin besar kemampuan larutan uji dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini sesuai dengan penelitian Rumanti *et al.* (2021) yang mengkombinasikan kayu manis dan jahe merah dengan hasil zona hambat yang lebih besar pada ekstrak kombinasi daripada ekstrak tunggalnya. Pengujian kombinasi ekstrak dinyatakan lebih potensial menghambat pertumbuhan bakteri karena pada ekstrak kombinasi terbentuk zona hambat yang lebih luas dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Perbedaan potensi ini disebabkan karena kandungan metabolit sekunder utama yang terdapat dalam ekstrak kombinasi lebih banyak dan beragam daripada ekstrak tunggal.

Efektivitas kombinasi ekstrak dalam penelitian ini juga didukung oleh beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan potensi sinergis kombinasi tanaman obat terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Lestari & Hanum,

(2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kombinasi ekstrak daun mengkudu dan bawang putih mampu menghasilkan zona hambat sebesar 12 mm pada konsentrasi 30%:10%. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Sarfica *et al.*, (2021), yang menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak bawang putih, jahe, dan kunyit dengan perbandingan 1:2:3 menghasilkan zona hambat sebesar 16,67 mm terhadap *S. aureus*. Selain itu, penelitian oleh Supranto *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa kombinasi bawang merah dan bawang putih menghasilkan zona hambat 15,7 mm. Berdasarkan berbagai penelitian yang disebutkan di atas menunjukkan adanya potensi efek sinergis dari tanaman obat ketika dikombinasikan dengan tanaman obat yang lain. Sinergi ini berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas antibakteri, khususnya terhadap bakteri Gram positif seperti *S. aureus*.

Perbedaan aktivitas antibakteri antara ekstrak bawang putih dan kayu manis mencerminkan keanekaragaman kandungan senyawa bioaktif yang Allah ciptakan dalam tiap tumbuhan. Bawang putih dikenal dengan kandungan utama allicin dan senyawa sulfur lainnya, sementara kayu manis mengandung Sinamaldehyde dan eugenol yang juga memiliki efektivitas tinggi. Keanekaragaman kandungan senyawa bioaktif ini menunjukkan bahwa setiap tumbuhan memiliki kekhususan dan fungsinya masing-masing sesuai dengan kehendak Allah. Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. Al-Furqan:2

﴿الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾﴾

Artinya:“(Yaitu Zat) yang milik-Nyalah kerajaan langit dan bumi, (Dia) tidak mempunyai anak, dan tidak ada satu sekutu pun dalam kekuasaan(-Nya). Dia telah menciptakan segala sesuatu, lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat”. (Q.S. Al-Furqon: [25]: 2).

As-Syaukani (2007) dalam Tafsir Fath al-Qadir menjelaskan bahwa penggalan ayat *وَحَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا* menunjukkan Allah menciptakan segala sesuatu dengan perhitungan dan ketetapan yang sempurna, tidak ada yang diciptakan sia-sia atau tanpa tujuan (Fakhrudin & Sefullah, 2008). Hal ini diperkuat oleh Ath-Thabari (1912), yang menyatakan bahwa ciptaan Allah selalu sempurna dan saling melengkapi (Askan, 2009), seperti terlihat pada perbedaan kandungan allicin dalam bawang putih dan sinamaldehida pada kayu manis yang saling melengkapi dalam memberikan aktivitas antibakteri. Menurut Al-Qurtubi (1964), menegaskan bahwa semua ketetapan ini merupakan kehendak Allah, bukan kebetulan (Fathurrahman & Hotib, 2008). Sehingga hasil penelitian ini menjadi bukti bahwa tumbuhan diciptakan untuk memberikan manfaat nyata bagi kehidupan manusia sebagai sumber pengobatan alami yang sesuai dengan fitrah.

Pada hasil penelitian diatas, antibiotik klindamisin dijadikan kontrol positif karena telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang sangat kuat dengan zona hambat sebesar 16,52 mm terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan BPOM RI (2015) klindamisin adalah antibiotik yang telah terstandar klinis dan secara umum digunakan dalam terapi infeksi yang disebabkan oleh bakteri aerob dan anaerob. Dengan demikian, klindamisin dapat dijadikan acuan untuk menguji efektivitas antibakteri dari bahan uji dalam penelitian ini (Rizki *et al.*, 2022). Aquades steril digunakan sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat pada pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Hal ini dapat diketahui dari tidak munculnya zona bening pada sekitar sumuran uji. Pudiarifanti & Farizal, (2022) dalam penelitiannya menyatakan bahwa aquades yang digunakan sebagai kontrol negatif menunjukkan tidak adanya zona penghambatan pada *S. aureus*. Kontrol

negatif adalah pelarut yang digunakan sebagai pengencer senyawa uji, untuk memastikan bahwa pelarut tidak memberikan pengaruh terhadap aktivitas antibakteri senyawa yang diuji.

Metode difusi sumuran termasuk uji antimikroba secara kualitatif dan belum mampu menunjukkan konsentrasi terendah dari suatu bahan yang mampu memberikan efek bakteristatik dan bakterisidal (Jurado *et al*, 2015 dalam Hulankova, 2024). Menurut Hossain (2024), metode difusi sumuran masih memiliki keterbatasan dalam memberikan data kuantitatif yang presisi mengenai konsentrasi efektif minimal suatu agen antimikroba. Oleh karena itu dilakukan uji KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) dan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum) pada penelitian ini untuk memperoleh data kuantitatif yang lebih akurat dan dapat menentukan konsentrasi terendah yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri serta konsentrasi minimum yang dapat membunuh bakteri secara efektif.

#### **4.2 Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Kombinasi Ekstrak**

Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dilakukan untuk menentukan konsentrasi terendah dari ekstrak yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, yang diamati secara visual berdasarkan tingkat kekeruhan larutan (Munira & Nasir, 2023). Hasil pengamatan secara visual (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa ekstrak etanol bawang putih mulai terlihat jernih pada konsentrasi 20%, begitu juga pada ekstrak kulit kayu manis sudah terlihat jernih pada konsentrasi terendah yang diuji yaitu 20%, mengindikasikan bahwa senyawa aktif di dalam bawang putih dan kayu manis mampu menghambat bakteri pada konsentrasi rendah.

**Tabel 4.3 Hasil Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Ekstrak Etanol Bawang Putih dan Kayu Manis Terhadap *S. aureus***

Sampel Uji	Konsentrasi (%)	Hasil
Ekstrak Bawang Putih (EBP)	20	+
	30	+
	40	-
	60	-
Ekstrak Kayu Manis (EKM)	20	-
	30	-
	40	-
Kombinasi EKM: EBP	40:20	-
	30:30	-
	20:40	-
K+	1	-
K-	0	+++

Keterangan: (++) : Sangat keruh (Mikroba tumbuh sangat banyak)  
 (++) : Keruh (Mikroba tumbuh banyak)  
 (+) : Agak keruh (Mikroba tumbuh sedikit)  
 (-) : Jernih (Tidak ada mikroba yang tumbuh)  
 K+ : Kontrol positif (klindamisin)  
 K- : Kontrol negatif (aquades)  
 : Positif KHM

Pada kombinasi ekstrak bawang putih dan kulit kayu manis, hasil menunjukkan kejernihan pada semua perbandingan konsentrasi yang diuji (40%:20%, 30%:30%, 20%:40%), hal ini mengindikasikan adanya efek sinergis antara kedua ekstrak yang meningkatkan aktivitas antibakteri secara konsisten. Kontrol positif berupa klindamisin 1% menunjukkan hasil jernih yang memvalidasi bahwa antibiotik standar mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus*, sedangkan kontrol negatif berupa aquades menunjukkan hasil sangat keruh yang mengkonfirmasi pertumbuhan bakteri normal tanpa adanya aktivitas antibakteri, sebagaimana dinyatakan oleh Alfahri *et al.*, (2024) bahwa aquades steril sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya aktivitas antibakteri.

Hasil kekeruhan yang bervariasi menunjukkan adanya penurunan viabilitas bakteri seiring peningkatan konsentrasi ekstrak. Viabilitas merupakan kemampuan mikroorganisme untuk bertahan hidup dalam kondisi tertentu, dan faktor-faktor seperti nutrisi, pH, suhu, dan senyawa bioaktif dapat mempengaruhi viabilitas ini (Wigunarti *et al.*, 2019). Kontrol positif klindamisin menunjukkan mekanisme kerja antibiotik yang efektif dalam menghambat sintesis protein bakteri, sehingga menghasilkan kondisi jernih tanpa pertumbuhan mikroba. Sebaliknya, kontrol negatif aquades yang menunjukkan hasil sangat keruh membuktikan bahwa aquades steril sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya aktivitas antibakteri, sehingga bakteri dapat tumbuh optimal dan mempertahankan viabilitasnya. Penurunan viabilitas bakteri pada konsentrasi tinggi menunjukkan efektivitas ekstrak dalam mengganggu metabolisme dan pertumbuhan bakteri target (Alfahri *et al.*, 2024).

Hasil pengamatan visual menunjukkan perbedaan tingkat kejernihan yang dapat dibedakan antara larutan yang mengalami penghambatan oleh ekstrak dengan larutan yang menunjukkan pertumbuhan mikroba, namun metode ini memiliki kelemahan dalam hal akurasi penilaian. Tingkat kejernihan hasil pengamatan dapat dilihat pada dokumentasi gambar lampiran (Lampiran 3.). Untuk memperoleh data yang lebih objektif, dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan metode *total plate count* (TPC) dengan teknik penanaman hasil uji KHM pada media agar padat menggunakan metode *pour plate*. Prosedur ini bertujuan untuk memverifikasi hasil visual yang telah diperoleh sebelumnya melalui penghitungan jumlah koloni bakteri secara kuantitatif menggunakan *colony counter*. Menurut Benkova *et al.*, (2020), metode tanam pada media padat dari hasil uji cair memiliki validitas tinggi dalam

memastikan pertumbuhan mikroba. Hasil penghitungan koloni berdasarkan Soesetyaningsih & Azizah, (2020) dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3 Hasil Uji KHM dan KBM Berdasarkan Perhitungan TPC (CFU/ml)**

Sampel Uji	Konsentrasi (%)	TPC (CFU/mL)
Ekstrak Bawang Putih (EBP)	20	$2,5 \times 10^6$
	30	$2,3 \times 10^6$
	40	$1,2 \times 10^6$
	60	$1,2 \times 10^6$
Ekstrak Kayu Manis (EKM)	20	$2,2 \times 10^6$
	30	$1,7 \times 10^6$
	40	$1,3 \times 10^6$
	60	$7,6 \times 10^5$
Kombinasi EKM: EBP	40:20	$4,6 \times 10^5$
	30:30	0
	20:40	0
K+	1	0
K-	0	TBUD

Keterangan = CFU = *Colony Forming Units*  = Positif KHM  
 K (+) = Kontrol Positif (Klindamisin)  = Positif KBM  
 K (-) = Kontrol Negatif (Aquadex) TPC 0 = Tidak ada mikroba  
 TBUD = Tidak bisa Untuk Dihitung

Berdasarkan hasil penghitungan TPC (*Total Plate Count*) dapat ditentukan

nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) dari setiap sampel uji. KHM merupakan konsentrasi terendah yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba, ditandai dengan mikroba masih dapat berkembang biak dalam jumlah yang sedikit pada *pour plate*. Sementara itu, KBM adalah konsentrasi terendah yang dapat membunuh mikroba, ditandai dengan tidak adanya pertumbuhan mikroba pada *pour plate* yang menandakan mikroba uji telah mati akibat perlakuan pada konsentrasi tersebut (Ferro *et al.*, 2021). Efektivitas penghambatan bakteri dapat dikonfirmasi melalui hasil yang menunjukkan pertumbuhan koloni dalam batas terkendali, yaitu tidak melebihi standar 300 CFU/mL. Sampel dengan koloni melebihi 300 CFU/mL diklasifikasikan sebagai

terlalu banyak untuk dihitung (TBUD) atau *too numerous to count* (TNTC) (Soesetyaningsih & Azizah, 2020).

Hasil perhitungan TPC menunjukkan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) yang sama untuk setiap ekstrak tunggal. Ekstrak bawang putih (EBP) menunjukkan nilai KHM pada konsentrasi 20% dengan total koloni sebesar  $2,5 \times 10^6$  CFU/mL, sedangkan ekstrak kulit kayu manis (EKM) menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat dengan nilai KHM pada konsentrasi 20% dengan total koloni  $2,2 \times 10^6$  CFU/mL. Pengujian kombinasi ekstrak bawang putih dan kulit kayu manis menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri yang signifikan. Kombinasi EBP 40%: EKM 20% menghasilkan total koloni paling rendah dengan nilai  $4,6 \times 10^5$  CFU/mL, yang mengindikasikan adanya efek sinergis dalam meningkatkan efektivitas penghambatan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil KHM ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak bawang putih dan kulit kayu manis memiliki potensi yang lebih tinggi sebagai agen antibakteri alami terhadap *S. aureus* dibandingkan dengan penggunaan ekstrak tunggal.

Menurut Pratiwi 2008, (dalam Munira & Nasir, 2023) konsentrasi terendah dari senyawa antibakteri yang memperlihatkan larutan jernih tanpa adanya pertumbuhan mikroba uji ditetapkan sebagai nilai KHM. Pengamatan secara kualitatif dilakukan dengan pengukuran turbidimetri untuk mengamati tingkat kekeruhan sebagai batas pembeda antara konsentrasi yang sudah tidak ditumbuhi bakteri (jernih) dan konsentrasi yang masih ditumbuhi bakteri (keruh) Hal ini dimaksudkan bahwa senyawa tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada tingkat bakteriostatik tanpa membuat kematian sel bakteri.

Nilai KHM yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan variasi dengan beberapa penelitian sebelumnya. Ekstrak kayu manis memperlihatkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak bawang putih terhadap *S. aureus*. Penelitian (Huda *et al.*, 2019) melaporkan KHM pada ekstrak kayu manis berada pada konsentrasi 40%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan konsentrasi pelarut etanol yang digunakan, dimana etanol 70% dalam penelitian ini lebih optimal dalam mengekstraksi senyawa aktif cinnamaldehyde yang bersifat polar-nonpolar dibandingkan pelarut dengan konsentrasi berbeda yang dapat mempengaruhi stabilitas dan kelarutan senyawa bioaktif. Sementara itu, KHM ekstrak bawang putih konsentrasi 20% sejalan dengan penelitian (Kasimo *et al.*, 2022) yang memperoleh nilai KHM pada konsentrasi 25-50%. Aktivitas antibakteri yang konsisten pada semua ekstrak kombinasi mengindikasikan adanya sinergisme antara kedua senyawa dalam merusak integritas membran sel dan menghambat sistem respirasi bakteri. Korelasi antara nilai KHM dan diameter zona hambat memperkuat validitas metode pengujian yang digunakan. Secara klinis, nilai KHM yang rendah menunjukkan potensi ekstrak kayu manis sebagai agen antibakteri alami yang efektif dengan dosis minimal.

Pengamatan secara visual ini membantu mengidentifikasi perubahan dalam kultur bakteri yang menunjukkan adanya hambatan pertumbuhan. Pada konsentrasi non-lethal, bakteri dapat mengalami kerusakan struktural yang akan menyebabkan gangguan fungsi metabolisme. Gorman (1991) menjelaskan bahwa kerusakan yang berat pada struktur sel akan mengakibatkan kematian sel, dan tingkat kerusakan ini sangat dipengaruhi oleh tipe senyawa antibakteri, spesies bakteri, serta dosis yang digunakan. Penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan

resistensi bakteri dan mengganggu mikroorganisme menguntungkan lainnya (Kristiananda *et al.*, 2022). Sebaliknya, konsentrasi yang terlalu rendah tidak memberikan efek antibakteri yang mencukupi. Berdasarkan fakta bahwa uji KHM hanya menunjukkan penghambatan pertumbuhan sementara, diperlukan evaluasi lebih lanjut untuk menentukan kemampuan bakterisidal ekstrak. Oleh karena itu, perhitungan *Total Plate Count* (TPC) dilakukan untuk menentukan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) yang menunjukkan kemampuan ekstrak dalam membunuh bakteri.

Hasil uji KBM berdasarkan perhitungan jumlah koloni menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak berbanding terbalik dengan jumlah koloni bakteri yang tumbuh (Tabel 4.3). Pada ekstrak bawang putih (EBP), terlihat penurunan bertahap dari konsentrasi 20% ( $2,5 \times 10^6$  CFU/mL) hingga 60% ( $1,2 \times 10^6$  CFU/mL), namun belum mencapai efek bakterisidal. Demikian pula pada ekstrak kayu manis (EKM), meskipun menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat dibandingkan EBP tunggal, dengan jumlah koloni terendah  $7,6 \times 10^5$  CFU/mL pada konsentrasi 60%, namun masih belum mencapai KBM. Pada kombinasi ekstrak bawang putih dan kayu manis dengan perbandingan 30%:30% mampu mencapai KBM, ditandai dengan tidak ditemukannya pertumbuhan bakteri (0 CFU/mL). Berdasarkan hasil di atas, ekstrak kombinasi menunjukkan efek penghambatan yang lebih baik dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Data ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut, kombinasi ekstrak mampu membunuh seluruh populasi bakteri uji. Hal ini mengindikasikan terjadinya efek sinergisme yang sangat kuat antara kedua ekstrak, sehingga efek antibakteri yang dihasilkan lebih kuat dibandingkan jika masing-masing ekstrak digunakan secara terpisah.

Kombinasi antara ekstrak bawang putih dan kayu manis diketahui mempunyai kandungan organosulfur (Allicin) dan senyawa fenolik (sinamaldehida) yang tinggi yang bertindak sebagai antibakteri. Allicin dari bawang putih menghambat pertumbuhan bakteri melalui penghambatan produksi RNA dan sintesis lipid, sehingga mengganggu produksi asam amino, protein, dan pembentukan bilayer fosfolipid pada dinding sel bakteri (Kristiananda *et al.*, 2022). Bawang putih juga mengandung minyak atsiri, alkaloid, tanin, saponin, dan flavonoid yang merusak dinding sel dan menghambat enzim proteolitik bakteri (Indrayati & Diana, 2020). Sementara itu, sinamaldehida dari kayu manis bekerja dengan mengikat protein membran sel dan menghambat pembentukan peptidoglikan serta enzim penting bakteri (Rumanti *et al.*, 2021). Kayu manis juga mengandung eugenol yang bersifat hidrofobik sehingga dapat memisahkan lipid membran sel, memblokir aliran elektron dan transpor aktif, serta menyebabkan pembekuan isi sel bakteri (Waang & Budiana, 2024).

Gabungan dari mekanisme kerja yang berbeda ini menghasilkan efek sinergis yang kuat dalam menghambat dan membunuh bakteri. Efek saling mendukung ini terjadi karena adanya aksi molekuler yang berlangsung secara bersamaan. Allicin, senyawa aktif utama dalam ekstrak bawang putih, diketahui merusak struktur dinding sel bakteri serta mengganggu fungsi enzim penting dalam sel bakteri (Kristiananda *et al.*, 2022). Sementara, sinamaldehida yang terdapat dalam ekstrak kayu manis bekerja dengan cara merusak membran sitoplasma dan menghambat pembentukan dinding sel. Menurut Feron *et al.* (2024), sinamaldehida berpotensi digunakan sebagai terapi alternatif untuk infeksi *S. aureus*, karena mampu menekan virulensi bakteri, mengganggu kelangsungan hidup bakteri, dan

sekaligus memperkuat respons imun tubuh terhadap infeksi. Senyawa ini juga terbukti menghambat aktivitas hemolitik pada sel darah merah manusia, mengurangi kemampuan bakteri menempel pada permukaan seperti lateks, dan meningkatkan proses penghancuran *S. aureus*. Dengan bekerja melalui jalur yang berbeda, kedua senyawa ini memberikan tekanan ganda pada bakteri. Akibatnya, bakteri kesulitan untuk beradaptasi dan mengembangkan resistensi, sehingga efek yang ditimbulkan menjadi lebih kuat dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu ekstrak secara tunggal.

Hasil uji KBM pada konsentrasi 30%:30% mencerminkan prinsip penggunaan dosis minimal yang efektif dalam ekstrak bawang putih dan kayu manis. Penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan resistensi bakteri dan mengganggu mikroorganisme menguntungkan lainnya (Kristiananda *et al.*, 2022). Sebaliknya, konsentrasi yang terlalu rendah tidak memberikan efek antibakteri yang mencukupi. Oleh karena itu, diperlukan konsentrasi yang seimbang dan tepat dalam aplikasi pengobatan. Prinsip keseimbangan ini tidak bertentangan dengan ajaran Islam sendiri yang melarang sikap berlebih-lebihan dalam segala sesuatu, sebagaimana tercantum dalam Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 31 berikut:

﴿ يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ  
الْمُسْرِفِينَ ﴾

Artinya: “Wahai anak cucu Adam, pakailah pakaianmu yang indah pada setiap (memasuki) masjid dan makan serta minumlah, tetapi janganlah berlebihan. Sesungguhnya Dia tidak menyukai orang-orang yang berlebihan. (Q.S. Al-a’raf ]7[:31).

Menurut riwayat Al-Qasim dalam Tafsir Thabrani melalui Ibnu Abbas, dalam ayat ini difirmankan Allah tidak menyukai orang yang melampaui batas-Nya

dalam hal halal dan haram, termasuk menghalalkan yang haram atau mengharamkan yang halal. Allah menyukai keadilan dalam menetapkan hukum-Nya (Askan, 2009). Penggalan akhir ayat ini menurut (Shihab, 2002) dalam Tafsir Al-Misbah menekankan bahwa perintah makan minum tanpa berlebihan adalah prinsip kesehatan yang diakui para ilmuwan. Kadar yang cukup bagi seseorang belum tentu sama untuk orang lain, sehingga ayat ini mengajarkan sikap proporsional sesuai kondisi individu. Dalam tafsir Al-Munir istilah *israf* (berlebihan) diartikan sebagai perbuatan melampaui batas dalam segala sesuatu, termasuk dalam penggunaan makanan, minuman, sampai dalam penggunaan obat atau zat aktif. Prinsip ini sejalan dengan ilmu saat ini bahwa segala sesuatu, termasuk zat antibakteri, harus digunakan sesuai dosis tepat agar efektif dan aman, tidak berlebih atau kurang dari yang dibutuhkan (Alkattani, 2020). Sehingga kemudian uji KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) dan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum) ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi terkecil dari senyawa antibakteri yang mampu menghambat dan membunuh pertumbuhan bakteri.

Kombinasi ekstrak bawang putih dan kayu manis dalam penelitian ini menunjukkan keunggulan ekstrak kombinasi dibandingkan penggunaan ekstrak tunggal. Pada penelitian Purnomo *et al.*, (2020) ekstrak etanol bawang putih tidak ditemukan KBM pada semua konsentrasi yang diuji, yang menunjukkan bahwa ekstrak tunggal bawang putih memiliki keterbatasan dalam aktivitas bakterisidalnya (Kasimo *et al.*, 2022). Namun, pada penelitian ekstrak kayu manis terdahulu yang dilakukan oleh (Huda *et al.*, 2019) *cinnamaldehyde* yang terkandung dalam ekstrak kayu manis pada konsentrasi 40% mampu membunuh

bakteri *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, kombinasi dalam penelitian ini hanya memerlukan konsentrasi total 60% (30%:30%) untuk mencapai efek bakterisidal (membunuh bakteri). Hal ini membuktikan bahwa penggabungan dua ekstrak dapat meningkatkan efektivitas antimikroba dengan konsentrasi yang lebih efisien melalui efek sinergis antara kedua ekstrak

Hasil ini sesuai dengan penelitian Rumanti *et al.*, (2021) yang menunjukkan terjadinya peningkatan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* pada ekstrak kombinasi jahe dan kayu manis. Sarfica *et al.*, (2021) dalam penelitiannya menggabungkan ekstrak bawang putih dan kunyit juga membuktikan bahwa penggabungan dua ekstrak dapat meningkatkan efektivitas antimikroba dengan konsentrasi yang lebih efisien melalui efek sinergis antara kedua ekstrak.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi ekstrak bawang putih dan kayu manis mempunyai potensi sebagai antibakteri yang dibuktikan dengan adanya efek penghambatan dan daya bunuh ekstrak kombinasi tersebut terhadap *S. aureus* pada perbandingan EBP: EKM (30%:30% dan 20%:40%). Begitu juga pada hasil uji menggunakan difusi sumuran, yang mana pada ekstrak kombinasi pada perbandingan konsentrasi 40%:20%, 30%:30%, dan 20%:40% menghasilkan zona hambat dengan kategori kuat berturut-turut (13,43 mm, 14,51 mm, dan 15,57 mm). Hasil ini menunjukkan bahwa metode difusi sumuran dan dilusi cair hasilnya berkesinambungan

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kombinasi ekstrak etanol bawang putih (*Allium sativum*) dan kayu manis (*Cinnamomum burmanni*) menunjukkan kemampuan antibakteri yang lebih kuat dibandingkan penggunaan masing-masing ekstrak secara terpisah terhadap *Staphylococcus aureus*. Zona hambat yang dihasilkan oleh ekstrak kombinasi kedua ekstrak pada perbandingan konsentrasi 40%:20%, 30%:30%, dan 20%:40% menghasilkan zona hambat dengan kategori kuat berturut-turut ( $13,43 \pm 0,06$  mm,  $14,51 \pm 0,07$  mm, dan  $15,57 \pm 0,17$  mm).
2. Nilai KHM Kombinasi kedua ekstrak yakni pada perbandingan konsentrasi EBP 40%: EKM 20% dengan total koloni  $4,6 \times 10^5$ . Sedangkan nilai KBM kombinasi ekstrak ekstrak etanol bawang putih (*Allium sativum*) dan kayu manis (*Cinnamomum burmanni*) berada pada perbandingan konsentrasi EBP 30%: EKM 30% terhadap bakteri *S. aureus*.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk dilakukan uji lanjutan terhadap berbagai jenis bakteri Gram positif dan negatif untuk mengetahui spektrum antibakteri kombinasi ekstrak secara lebih menyeluruh. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode ekstraksi alternatif untuk bawang putih seperti ekstraksi dingin (cold extraction), maserasi dengan pelarut non-polar, atau teknik ekstraksi modern seperti ultrasonic-assisted

extraction (UAE) dan microwave-assisted extraction (MAE) untuk mencegah degradasi senyawa aktif allicin dan organosulfur lainnya yang sensitif terhadap panas. Perlu juga dikembangkan formulasi sediaan seperti gel, krim, atau salep untuk mendukung aplikasi praktis sebagai agen antibakteri alami.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, A., dkk. (2009). *Tafsir Ath-Thabari*. Jilid 15. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Ahsan, A., dkk. (2009). *Tafsir Ath-Thabari*. Jilid 20. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Al-Kattani, dkk. (2020). *Tafsir Al-Munir (Aqidah, Syariah, Manhaj Jilid 4*. Gema Insani.
- Al-Kattani, dkk. (2020). *Tafsir Al-Munir (Aqidah, Syariah, Manhaj Jilid 6*. Gema Insani.
- Al-Kattani, dkk. (2020). *Tafsir Al-Munir (Aqidah, Syariah, Manhaj Jilid 10*. Gema Insani.
- Alfahri, F. D., Setyaningrum, E., & Hadibrata, E. (2024). Potensi Ekstrak *Streptomyces* sp. strain i18 Sebagai antibiotik Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 6(5), 1333–1336.
- Anggraini, A. L., Dwiyantri, R. D., & Thuraidah, A. (2020). Garlic Extract (*Allium sativum* L.) Effectively Inhibits *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* by Invitro Test. *Tropical Health and Medical Research*, 2(2), 61–68.
- Apriani, S.Si., M. S., Ni Wayan Desi Bintari, S.Si., M. Si., Noor Andryan Ilsan, P. D., Febry Istyanto, S.K.M., M.K.M., Rochmanah Suhartati, M. S., Ratih Kartika Dewi, M. Biomed., Zuraida, S.K.M., M. K. M., Herlina, M. K., & Maulin Inggraini, S.Si., M.Si, Se, M. S. (2014). *Rosyunita / 1*. Apriliana, E., Tjiptaningrum, A., & Julianingrum, R. (2019). Perbandingan Efektivitas Ekstrak Propolis Dalam Menghambat Pertumbuhan Pertumbuhan Bakteri Gram Positif (*Staphylococcus aureus*) dan Gram Negatif (*Escherichia coli*) Secara In Vitro. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 3(1), 129–134.
- Aryanta, I. W. R. (2019). Bawang merah dan manfaatnya bagi kesehatan. *Widya Kesehatan*, 1(1), 29–35.
- Assauqi, N. F., Hafshah, M., & Latifah, R. N. (2023). Penentuan Nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) Ekstrak Etanol Daun Pandan (*Pandanus Amaryllifolius* Roxb) Terhadap Bakteri *Streptococcus Mutans*. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya.*, 7(1), 1–9.
- Azmat, F., Imran, A., Islam, F., Afzaal, M., Zahoor, T., Akram, R., Aggarwal, S., Rehman, M., Naaz, S., Ashraf, S., Hussain, G., A. R. Suleria, H., Ali, Q., Bibi, M., Batool, F., Gul, F., Amjad, N., & Asif Shah, M. (2023). Valorization of the phytochemical profile, nutritional composition, and therapeutic potentials of garlic peel: a concurrent review. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 2642–2655.
- Badriyah, L., & Fariyah, D. (2023). Optimalisasi ekstraksi kulit bawang merah (*Allium cepa* L) menggunakan metode maserasi. *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan Dan Analisisnya*, 3(1), 30–37.
- Balafif, R. A. R., Andayani, Y., & Gunawan, R. (2013). Analisis Senyawa Triterpenoid dari Hasil Fraksinasi Ekstrak Air Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* Linn). *Chemistry Progress*, 6(2), 56–61.
- Benkova, M., Soukup, O., & Marek, J. (2020). Antimicrobial susceptibility testing: currently used methods and devices and the near future in clinical practice. *Journal of Applied Microbiology*, 129(4), 806–822.
- Bhatwalkar, S.B., Mondal, R., Krishna, S.B.N., Adam, J.K., Govender, P., Anupam, R. (2021). Antibacterial Properties of Organosulfur Compounds of

- Garlic (*Allium sativum*). In *Frontiers in Microbiology*.
- Carroll, K. C., & Pfaller, M. A. (2023). Manual of antimicrobial susceptibility testing Manual of Clinical Microbiology, 4 Volume Set, 13th Edition. In *Manual of antimicrobial susceptibility testing*. American Society for Microbiology.
- Cheung, G. Y., Bae, J. S., & Otto, M. (2021). Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. *Virulence*, 12(1), 547–569.
- Choirin, A., Hidayat, T., & Nugroho, A. (2023). Distance Training of Dental and Oral Therapist Functional Positions As an Effort Increased Knowledge of Dental and Oral Health Care Services. *JDHT Journal of Dental Hygiene and Therapy*, 4(1), 50–56.
- Chukwudi, N., Ebenezer, I., Uchenna, A., Onyetugo, A., & Kenneth, U. (2021). In-vitro Antibacterial and Synergistic Activities of Extracts of *Allium cepa* and *Allium sativum* with Selected Antibiotics on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 10(2), 32–44.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2012). Performance standards for antimicrobial disc susceptibility tests; Approved Standard. In *Health Laboratory Science* (Elevent Ed, Vol. 13, Issue 1).
- Cranendonk, D., Lavrijsen, A., Prins, J., & Wiersinga, W. (2017). Cellulitis: current insights into pathophysiology and clinical management. *Neth J Med*, 75(9), 366–378.
- Devi, P. A., Rusyati, L. M. M., Setyawati, N. K., Adelia Martalova AJ, Sutiawan, I. S., & Setyono, A. (2024). Profil pasien selulitis erisipelas di Poliklinik Kulit Dan Kelamin Rumah Sakit Prof. I.G.N.G. Ngoerah periode Januari 2019 – Desember 2021. *Intisari Sains Medis*, 15(2), 675–680.
- Dolinggo, Y. (2024). *Bakteriologi Dasar Belajar Bakteriologi dengan Mudah & Komprehensif* (Deepublish (ed.)).
- Earlia, N., Prakoeswa, C. R. S., Idroes, R., & Khairan. (2023). Kajian In Silico dan Aplikasi Klinis Minyak Kelapa Tradisional Aceh Sebagai Terapi Adjuvant Pada Dermatitis Atopik. In *Syiah Kuala University Press* (p. 120). Syiah Kuala University Press.
- Ezra, D., Sofyan, A., & Setyawati, T. (2022). CELLULITIS IN THE ANTERIOR TIBIA AND POSTERIOR SINISTRA REGION:(PEER REVIEW). *Healthy Tadulako Journal (Jurnal Kesehatan Tadulako)*, 8(2), 132–137.
- Fahmi, Y. I., Andriana, A., & Hidayati, D. S. (2019). Uji daya hambat ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) terhadap bakteri (*Staphylococcus aureus*). *Jurnal Kedokteran*, 4(2), 82–90.
- Fachruddin & Saefullah (2008). *Fathul Qadir ( Al-Jami' Baina Fanni Al-Riwayah Wa Al-Dirayah Min "Ilm Al Tafsir) Jilid 1*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Fachruddin & Saefullah (2008). *Fathul Qadir ( Al-Jami' Baina Fanni Al-Riwayah Wa Al-Dirayah Min "Ilm Al Tafsir) Jilid 1*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Fathurrahman & Hotib, A., (2007). *Tafsir Al-Qurtubi Jilid 1 : Al-Jami' li-Ahkam al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Fathurrahman & Hotib, A., (2007). *Tafsir Al-Qurtubi Jilid 8 : Al-Jami' li-Ahkam al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Fathurrahman & Hotib, A., (2007). *Tafsir Al-Qurtubi Jilid 13 : Al-Jami' li-Ahkam al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Azzam.

- Ferro, T. A., Araújo, J. M., Pinto, dos S., B. L., D. S., J. S., Souza, E. B., & da Silva, B. L., ... & Fernandes, E. S. (2021). Corrigendum:Cinnamaldehyde Inhibits *Staphylococcus aureus* Virulence Factors and Protects against Infection in a *Galleria mellonella* Model. *Frontiers in Microbiology*, *11*.
- Firnanda, R. A., & Lisdiana, L. (2025). *Effectiveness of the Ethanol Extract Combination of Binahong and Patikan Kebo Against Staphylococcus aureus Causing Cellulitis*. *14*(1), 113–118.
- Fitria, A., Widiyasi, D. E., & Airlangga, H. (2021). Systematic Literature Review: Prevalensi Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus* (Mrsa) Terhadap Infeksi Nosokomial di Beberapa Negara Asia. *Jurnal Kedokteran Komunitas*, *9*(1), 1–8.
- Fitriana, Y. A. N., Fatimah, V. A. N., & Fitri, A. S. (2020). Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *Sainteks*, *16*(2), 101–108. 6.
- Ghoffar, dkk. (2004) *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'I
- Ghoffar, dkk. (2004) *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 4*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'I
- Ghoffar, dkk. (2004) *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 4*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'I
- Gould, I. (2009). Antibiotic resistance: the perfect storm. *International Journal of Antimicrobial Agents*. Elsevier., *34*, S2–S5.
- Green, B., Johnson, C., Egan, J., Rosenthal, M., Griffith, E. M., & Evans. (2012). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: An overview for manual therapists. *J Chiro Med*, *11*(1), 64–76.
- Habib, M., Abozid, M., El Sofany, S., & Faragalla, S. (2021). Antimicrobial Potentials of Cinnamon and Garlic Extracts Against Some Foodborne Pathogenes. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, *48*(3), 805–815.
- Hadızah, N., Rukaya, B. E., & Syuhada. (2022). Uji aktivitas antibakteri gel fraksi n-heksan dan etil asetat ekstrak etanol daun pepaya (*Carica papaya L.*) sebagai anti jerawat. *Journal Borneo*, *2*(2), 86–92.
- 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.
- Harmayani, E., Santoso, U., & Gardjito, M. (2024). *Ragam Lauk-Pauk Kalimantan dan Sulawesi*. Penerbit Andi.
- Hossain, T. J. (2024). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review of protocols, advantages, and limitations. *European Journal of Microbiology and Immunology*, *14*(2), 97–115.
- Huda, N., Dwiyanti, R. D., Thuraidah, A., & MS, A. (2019). *Uji Konsentrasi Hambat Minimum dan Konsentrasi Bunuh Minimum Ekstrak Etanol Bubuk Kayu manis (Cinnamomum burmannii) Terhadap Pertumbuhan Staphylococcus aureus*.
- Hukom, Z. F. M., Mahuletta, A. S., Nendissa, J. I., & Amba., M. (2023). *AGROTEKNOLOGI TANAMAN KAYU MANIS*. Pattimura University Press.
- Hulankova, R. (2024). Methods for Determination of Antimicrobial Activity of Essential Oils In Vitro—A Review. *Plants*, *13*(19), 2784.
- Humphries, R., Bobenchik, A. M., Hindler, J. A., & Schuetz, A. N. (2021). Overview of Changes to the Clinical and Laboratory Standards Institute Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, M100, 31st

- Edition. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(12), 1–13.
- Indrayati, S., & Diana, P. E. (2020). Uji Efektifitas Larutan Bawang Putih (*Allium sativum*) terhadap pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Epidermidis*. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 7(1), 22–31.
- Intan, K., Diani, A., & Nurul, A. S. R. (2021). Aktivitas antibakteri kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 8(2), 121–127.
- Jauziyah, I. Q. Al. (2019). *Metode Pengobatan Nabi SAW -Terjemahan Ahmad Asnawi*. Desa Pustaka Indonesia.
- Julianto, T. S. (2019). Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining fitokimia. In *Jakarta penerbit buku kedokteran EGC* (Vol. 53, Issue 9).
- Kasimo, E. R., Wulansari, I. S., & Landung, R., Mita, W., Rahmasari, K. (2022). Uji Efektivitas Ekstrak Bawang putih *allium sativum* Sebagai Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Java Health Journal*, 9(2).
- Kaye, K. S., Petty, L. A., Shorr, A. F., & Zilberberg, M. D. (2019). Current epidemiology, etiology, and burden of acute skin infections in the United States. *Clinical Infectious Diseases*, 68, S193–S199.
- Kementerian Kesehatan, R. (2020). *Profil Kesehatan Indonesia 2020*.
- Kristiananda, D., Allo, J. L., Widyarahma, V. A., Lusiana, L., Noverita, J. M., Octa Riswanto, F. D., & Setyaningsih, D. (2022). AKTIVITAS BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.) SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik*, 19(1), 46.
- Lade, H., & Kim, J. S. (2021). Bacterial targets of antibiotics in methicillin-resistant *staphylococcus aureus*. *Antibiotics*, 10(4).
- Lestari. (2022). Hubungan Sanitasi Lingkungan Dengan Gejala Penyakit Kulit Di Wilayah Kerja Puskesmas Sukamenanti Kabupaten Pasaman Barat. *JURNAL NTHN: Nan Tongga Health and Nursing*, 16(1), 14–23.
- Lestari, L., & Hanum, G. R. (2019). Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifoli* L.) dan Bawang Putih (*Allium sativum*) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 2(2), 43–47.
- Lestari, S. R. (2021). *Monografi Bawang Putih Tunggal Khasiat dan Manfaatnya*. Universitas Negeri Malang.
- Lubis, A. F., Jusuf, N. K., & Putra, I. B. (2024). PROFIL PASIEN SELULIT DI POLIKLINIK DERMATOLOGI DAN VENEREOLOGI RUMAH SAKIT UNIVERSITAS SUMATERA UTARA MEDAN PERIODE 2020-2022. *Media Dermato-Venereologica Indonesiana*, 51(4).
- Makanan, B. P. O. dan. (2016). Bawang Putih (*Allium sativum* L.). In *The Power of Obat Asli Indonesia Bawang Putih (Allium sativum L.)* (Vol. 1).
- Marliza, H., Rury, R. T. U., Ramadhani, F., & Elfasyari, T. Y. (2023). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Selaput Umbi Bawang Putih (*Allium Sativum*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Ahmar Metastasis Health Journal*, 3(1), 1–7.
- Maslahah, N., & Hera, N. (2023). Kandungan Senyawa Bioaktif dan Kandungan Tanaman Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *BSIP-Perkebunan*, 1(3), 5–7.
- Moulia, M. N., Syarief, R., Iriani, E. S., Kusumaningrum, H. D., & Suyatma, N. E. (2018). Antimikroba Ekstrak Bawang Putih Antimikroba Ekstrak Bawang

- Putih Antimicrobial of Garlic Extract. *Jurnal Pangan*, 27(1), 55–66.
- Munira, M., & Nasir, M. (2023). Uji Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM) ekstrak daun kirinyuh (*Chromolaena odorata*) dari geothermal Ie Seum Aceh Besar terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal SAGO Gizi Dan Kesehatan*, 4(2), 179.
- Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2020). *Medical Microbiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Najmah, Ridwan, A., Idayanti, T., Emelda, Setianingtyas, N. M. S. D. D., Putra, S. P., Krihariyani, D., Aini, & Parisihni, K. (2024). Pengantar Mikrobiologi. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (pp. 5–24).
- Nankervis, H., Thomas, K. S., Delamere, F. M., Barbarot, S., Rogers, N. K., & Williams, H. C. (2016). *Scoping systematic review of treatments for eczema*. NIHR Journals Library, Southampton (UK).
- Naqvi, S. A. Z., Irfan, A., Zahoor, A. F., Zafar, M., Maria, A., Chand, A. J., & Ashfaq, S. (2020). Determination of antimicrobial and antioxidant potential of agro-waste peels. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(2), 1–12.
- Nola, F., Putri, G. K., Malik, L. H., & Andriani, N. (2021). Isolasi senyawa metabolit sekunder steroid dan terpenoid dari 5 tanaman. *Syntax Idea*, 3(7), 1612–1619.
- Novarina, R. M., & Sawitri. (2020). Profil Pasien Erisipelas dan Selulitis (The Profile of Erysipelas and Cellulitis Patients). *Current Clinical Neurology*, 321–342.
- Octaviani, M., Fadhli, H., & Yuneistya, E. (2019). Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol dari Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dengan Metode Difusi Cakram. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(1), 62–68.
- Octifani, A., Mahtuti, E. Y., Ainutajriani, Mu'arofah, B., Abadi, M. F., Rachma, D., Wijayanti, Hadiatun, N., Hijriani, B. I., Juariah, S., Zafrida, S., Sugireng, Handarini, & Kurniawan, E. (2024). *Pengantar bakteriologi*.
- Padilah, N., Harahap, M. I., & Utami, T. N. (2024). Makna Syifa' dalam Perspektif Al-Qur'an Surah Yunus Ayat 57. *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, 18(3), 2312–2321.
- Patel, K. M., Parmar, B. B., Sadariya, K. A., & Bhavsar, S. K. (2022). Assessment of in vitro antibacterial activity and MIC of cinnamon bark powder ethanolic and aqueous extracts against bacteria. *The Journal of Phytopharmacology*, 11(5), 324–329. 2
- Prabowo, A., & Noer, S. (2020). Uji kualitatif fitokimia kulit bawang merah (*Allium ascalonicum*). *Prosiding Seminar Nasional Sains*, 1(1), 250–253.
- Pudiarifanti, N., & Farizal, J. (2022). Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Bawang Putih Tunggal terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Higea*, 14(1), 66.
- Purnomo S, F. H., Fitrianiingsih, A. A., Rahmah, Z., & Milliana, A. (2020). Perbandingan Uji Aktivitas Antibakteri Umbi Bawang Merah (*Allium Cepa* L) Dan Umbi Bawang Putih (*Allium Sativum*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Shigella Dysenteriae*. *Journal of Islamic Medicine*, 4(2), 76–85.
- Putri, P. P., Sahidan, S., & Susiwati, S. (2023). Gambaran Daya Hambat Ekstrak Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum Burmannii* Blume) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Fatmawati Laboratory & Medical Science*, 3(1), 28–34.

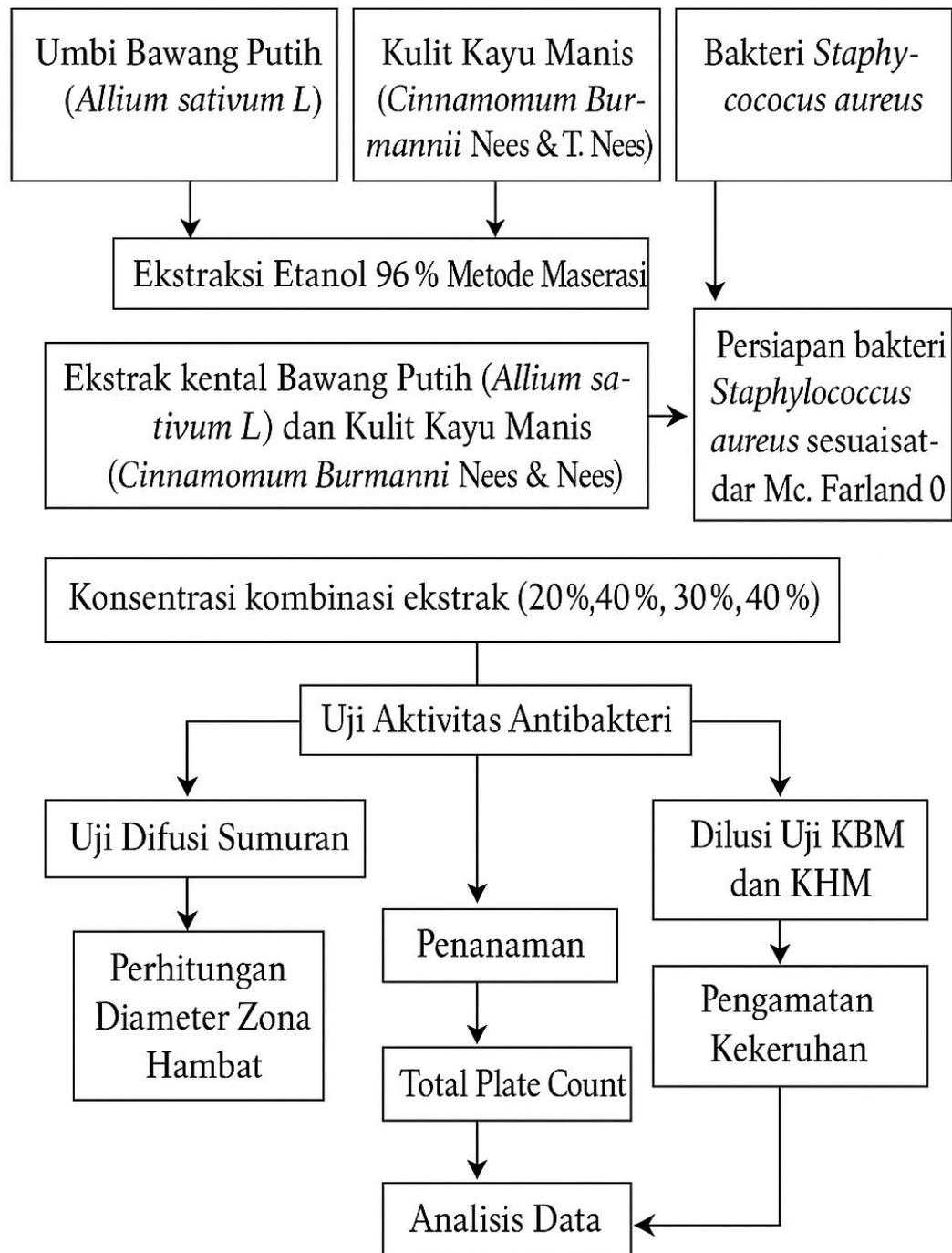
- Putri, S. A. R., Susanto, H., Tambun, S. H., & Oktiarso, T. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Pada Macam Macam Madu Pada Bakteri Escherichia Coli Dan Staphylococcus Aureus Dengan Metode Difusi Agar Dan Dilusi Cair. *Sainsbertek Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi*, 2(2), 85–97.
- Putri, U. M., Rochmanti, M., Wahyunitisari, M. R., & Setiabudi, R. J. (2021). The Antibacterial Effect of Ethanol Extract of Garlic (*Allium sativum* L.) on Methicillin Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) In Vitro. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 15(2), 3504–3509.
- Qurratul, S., & Shovitri, M. (2018). Preliminary Study of the use of Garlic Which Is Blackened As Antibacterial. *Science and Art Its*, 7(11), 9–12.
- Qurthubi, I. (2008). *Tafsir Ai-Qurtubi Jilid 13: Surah Al Furqaan, Asy-Syu'araa', An-Naml Al Qashash dan Al 'Ankabuut. Terjemahan Fathurrahman & Ahmad Hotib*.
- Radji, M. (2019). *Buku Ajar Mikrobiologi: Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. EGC.
- Rahmadeni, Y., Febria, F. A., & Bakhtiar, A. (2019). Potensi Pakih Sipasan (*Blechnum orientale*) sebagai Antibakteri Terhadap Staphylococcus aureus dan Methicillin Resistant Staphylococcus aureus. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 6(2), 224.
- Riedel, S., Morse, S. A., Mietzner, T. A., & Miller, S. (2019). Jawetz Melnick & Adelbergs Medical Microbiology 28 E. In *Jakarta: EGC*. McGraw Hill Professional.
- Rizki, S. A., Latief, M., Fitrianiingsih, F., & Rahman, H. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-heksan, Etil asetat, dan Etanol Daun Durian (*Durio zibethinus* Linn.) terhadap Bakteri Propionibacterium acnes dan Staphylococcus epidermidis. *Jambi Medical Journal: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 10(3), 442–457.
- Rositawati A, & S, S. (2016). Studi Retrospektif: Profil Pasien Erisipelas dan Selulitis. *Berkala Ilmu Kesehatan Kulit Dan Kelamin Periodical of Dermatology and Venereology*, 28(02), 59–67.
- Rosmania, R., & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76.
- Rumanti, R. M., Suprianto, Tarigan, J., & Ramadani, A. M. S. (2021). Potensi Antibakteri Kombinasi Zingiber officinale var. Rubrum dengan Cinnamomum burmannii terhadap Staphylococcus aureus. *Jurnal Indah Sains Dan Klinis*, 2(1), 6–10.
- Salem, M. A., Mohamed, O. G., Mosalam, E. M., Elberri, A. I., Abdel-Bar, H. M., Hassan, M., Al-Karmalawy, A. A., Tripathi, A., Ezzat, S. M., & Abo Mansour, H. E. (2023). Investigation of the phytochemical composition, antioxidant, antibacterial, anti-osteoarthritis, and wound healing activities of selected vegetable waste. *Scientific Reports*, 13(1), 1–25.
- Sarfica, D., Munira, Zakiah, N., & Sri mulyani, N. (2021). Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum* Linn), Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) Dan Kunyit (*Curcuma domestica* Val) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus Dan Escherichia coli. *Jurnal Ilmiah Farmasi Simplisia*, 1(2), 68–73.
- Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al Mishbah : pesan, kesan dan keserasian Al-*

*Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.

- Soesetyaningsih, E., & Azizah, A. (2020). Akurasi perhitungan bakteri pada daging sapi menggunakan metode hitung cawan. *Berkala Sainstek*, 8(3), 75–79.
- Sudjatini, S. (2020). Pengaruh cara pengolahan terhadap aktivitas antioksidan ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) varietas kating dan sinco. *Agrotech: Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(1).
- Supranto, Harita, D., & Purnomo, D. S. (2023). Optimasi Potensi Anti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Kombinasi Ekstrak Etil Asetat *Allium cepa* dan *Allium sativum*. *Jurnal Indah Sains Dan Klinis*, 04(01), 1–8.
- Syukri, Y. (2022). Pengobatan Islam Serta Teknologi Terkini. In *Yandi Syukri*.
- Taylor, T. A., & Unakal, C. G. (2023). *Staphylococcus aureus Infection*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). 8
- Thabari, A. J. M. J. A. (2008). *Tafsir At-Thabari*. Terj. Ahmad Afandi. Pustaka Azzam.
- Vangalapati, M., Sree Satya, N., Surya Prakash, D. V., & Avanigadda, S. (2012). A review on pharmacological activities and clinical effects of Cinnamon species. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 3(1), 653–663.
- Waang, N., & Budiana, I. G. M. N. (2024). Identifikasi Komponen Golongan Senyawa Kimia Dan Fraksi Dari Ekstrak Etanol Kulit Batang Kayu Manis. *Media Sains*, 24(2), 50–55.
- Wahida, A., Martino, Y. A., Risandiansyah, R., Wahida, A., Martino, Y. A., & Risandiansyah, R. (2023). Potensi Antibakteri Pada Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Berdasarkan Pada Fraksi Yang Digunakan : Studi Zoi Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* The Potential Antibacterial Activity Of Cinnamnon Bark (*Cinnamomum burmannii*). *Jurnal Kedokteran Komunitas (Journal of Community Medicine)*, 11(1), 1–8.
- WHO, O. W. H. (2017). *Global antimicrobial resistance surveillance system (GLASS) report: early implementation 2016-2017*. World Health Organization.
- Widiyati, E. (2006). Penentuan adanya senyawa triterpenoid dan uji aktifitas Biologi pada beberapa spesies tanaman obat tradisional masyarakat pedesaan bengkulu. *Jurnal Gradien*, 2, 116–122.
- Wigunarti, A. H., Pujiyanto, S., & Suprihadi, A. (2019). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan Bakteri *Escherichia coli*. *Berkala Bioteknologi*, 2(2), 5–12.
- Yoshimura, J., Yamakawa, K., Ohta, Y., Nakamura, K., Hashimoto, H., & Kawada, M., ... & Morimoto, T. (2022). Effect of gram stain-guided initial antibiotic therapy on clinical response in patients with ventilator-associated pneumonia: the GRACE-VAP randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 5(4).
- Yunita, I. et al. (2024). Ekstraksi Bahan Alam. In *CV. Gita Lentera* (p. 160).
- Zulkarnain. (2022). *Budidaya Sayuran Tropis Bumi Aksara* (Issue December). Bumi Aksara.

## LAMPIRAN

## Lampiran 1. Alur Penelitian





## Lampiran 2.2 Hasil Analisis Diameter Zona Hambat Dengan SPSS

### 1.2.3 Uji Normalitas

Tests of Normality <sup>b</sup>							
Konsentrasi		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Zona hambat	EBP 20%	,175	3		1,000	3	1,000
	EBP 30%	,314	3		,893	3	,363
	EBP 40%	,232	3		,980	3	,726
	EBP 60%	,339	3		,850	3	,241
	EKM 20%	,201	3		,994	3	,856
	EKM 30%	,179	3		,999	3	,948
	EKM 40%	,385	3		,750	3	,000
	EKM 60%	,219	3		,987	3	,780
	EBP 40%:EKM 20%	,211	3		,991	3	,817
	EBP 30%:EKM 30%	,227	3		,983	3	,747
	EBP 20%:EKM 40%	,247	3		,969	3	,664
	Kontrol Positif	,328	3		,871	3	,298

a. Lilliefors Significance Correction

b. Zona hambat is constant when Konsentrasi = K(-). It has been omitted.

### 1.2.4 Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances			
Zona hambat			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5,474	12	26	,000

### 1.2.5 Uji Anova dan Anova Welch

ANOVA					
Zona hambat					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	722,125	12	60,177	862,961	,000
Within Groups	1,813	26	,070		
Total	723,939	38			

Robust Tests of Equality of Means				
Zona hambat				
	Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
Welch	3186,740	11	9,329	,000

a. Asymptotically F distributed.

### 1.2.6 Uji Lanjut Games Howels

Konsentrasi %	K(-)	K(+)	EBP				EkM				EBP 40:	EBP 30:	EBP 20:			
			20	30	40	60	20	30	40	60	EkM 20	EkM 30	EkM 40			
K(+)	0.000															
EBP 20	0.000	0.008														
EBP 30	0.001	0.006	0.294													
EBP40	0.000	0.010	0.000	0.025												
EBP 60	0.001	0.009	0.007	0.002	0.020											
EKM 20	0.000	0.009	0.005	0.007	0.893	0.010										
EKM 30	0.003	0.004	0.030	0.023	0.134	0.133	0.139									
EKM 40	0.004	0.003	0.032	0.029	0.078	1.000	0.075	0.289								
EKM 60	0.001	0.014	0.005	0.001	0.010	0.072	0.004	0.013	0.329							
EBP40:EKM20	0.000	0.106	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.006	0.027	0.012						
EBP30:EKM30	0.000	0.269	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.016	0.005	0.000					
EBP20:EKM40	0.000	0.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.001	0.002	0.011				

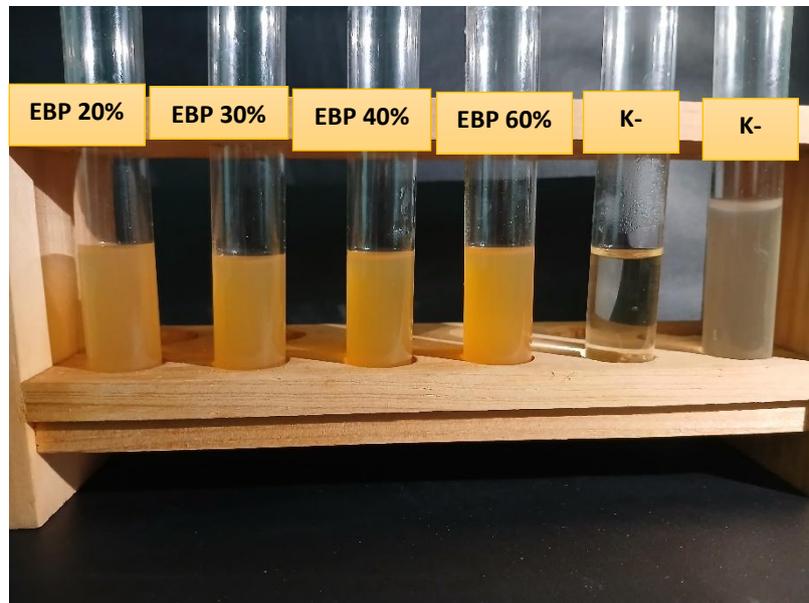
### Lampiran 3. Hasil Uji KHM (Konsentrasi Hambat Minimum)

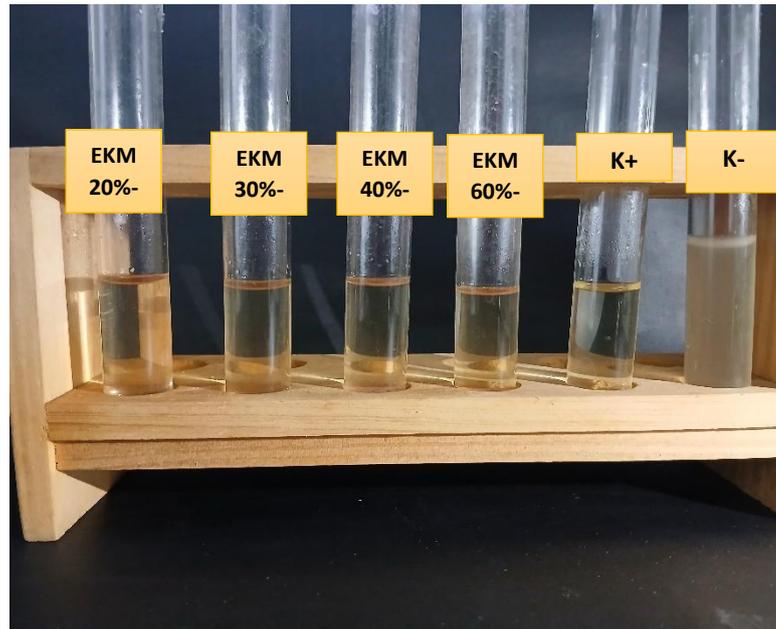
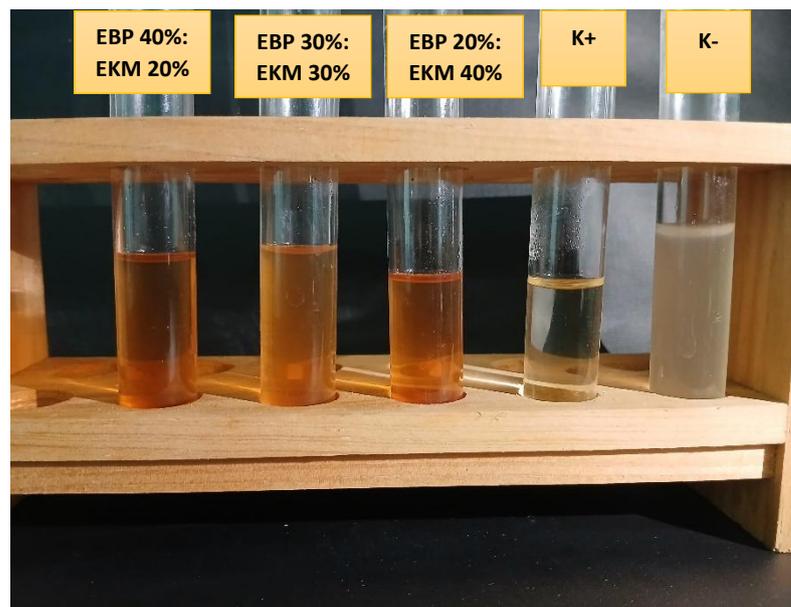
#### 1.3.1 Tabel Hasil Uji KHM

Sampel Uji	Konsentrasi (%)	Hasil	Kekeruhan
Ekstrak Bawang Putih (EBP)	20	+	Agak keruh
	30	+	Agak Keruh
	40	-	Jernih
	60	-	Jernih
Ekstrak Kayu Manis (EKM)	20	-	Jernih
	30	-	Jernih
	40	-	Jernih
	60	-	Jernih
Kombinasi EKM: EBP	40:20	-	Jernih
	30:30	-	Jernih
	20:40	-	Jernih
K+	Klindamisin 1%	-	Jernih
K-	Aquades	+++	Sangat Keruh

#### 1.3.2 Gambar Pengamatan Hasil Uji KHM

##### A. Ekstrak Bawang Putih (EBP) + K(+) + K(-)



**B. Ekstrak Kayu Manis (EKM) + K(+) + K(-)****C. Kombinasi EKM: EBP + K(+) + K(-)**

## Lampiran 4. Hasil Uji KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum)

### 1.4.1 Tabel Hasil TPC

No	Sampel	P2	P3	P4	Rata-rata Koloni	TPC (CFU/g)
1	EBP	254	245	247	248,7	$2,5 \times 10^6$
2	EBP	280	215	197	230,7	$2,3 \times 10^6$
3	EBP	178	115	75	122,7	$1,2 \times 10^6$
4	EBP	154	127	65	115,3	$1,2 \times 10^6$
5	EKM	212	246	190	216	$2,2 \times 10^6$
6	EKM	245	217	45	169	$1,7 \times 10^6$
7	EKM	176	168	53	132,3	$1,3 \times 10^6$
8	EKM	135	57	36	76	$7,6 \times 10^5$
9	Kombinasi	75	38	24	45,7	$4,6 \times 10^5$
10	Kombinasi	0	0	0	0	0
11	Kombinasi	0	0	0	0	0
12	K+ (kontrol)	0	0	0	0	0
13	K- (kontrol)	TBUD	TBUD	TBUD	-	TBUD

Contoh perhitungan TPC

Koloni/gr =  $\Sigma$  koloni per cawan x 1/faktor pengenceran.

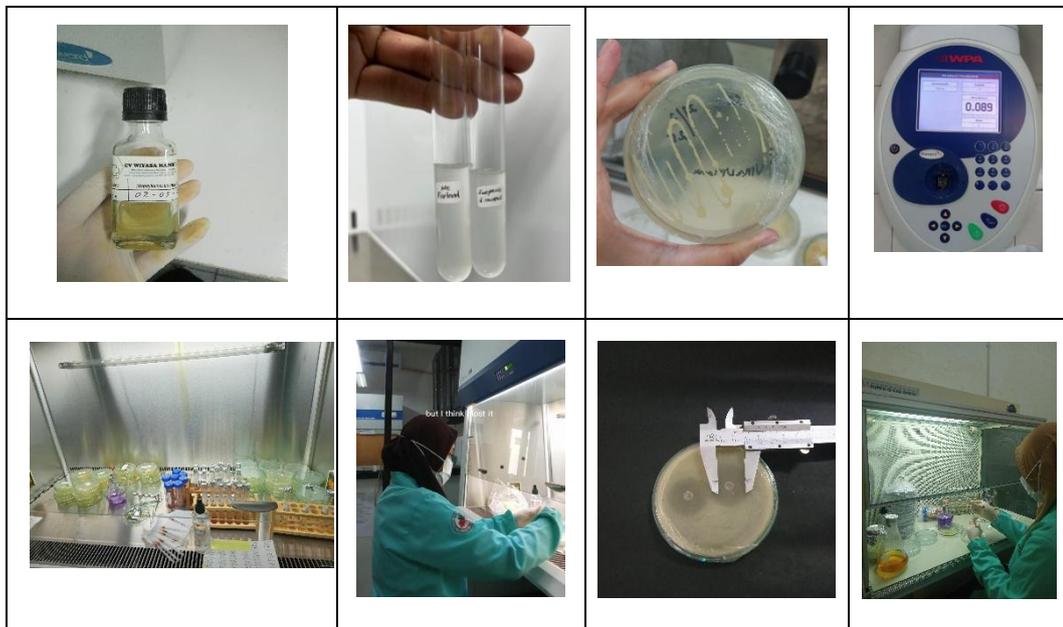
1. Sampel EBP 20%: P2 = 254, P3 = 245, P4 = 247
2. Rata-rata koloni:  $(254 + 245 + 247) / 3 = 248,7$
3. Faktor pengenceran P4 =  $10^{-4}$
4. TPC =  $248,7 \times 10^5 = 2,49 \times 10^6$  CFU/g

## Lampiran 5. Gambar Dokumentasi Penelitian

### 1.5.1 Ekstraksi Metode Maserasi

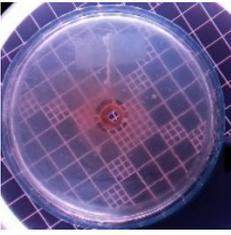
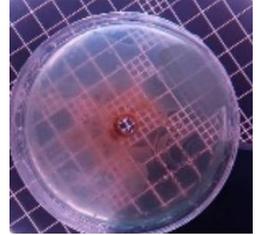
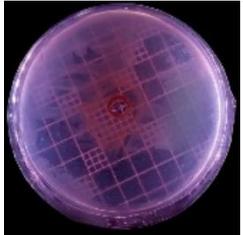
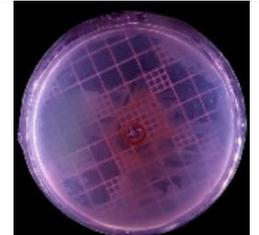
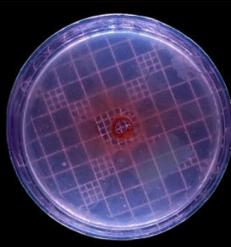
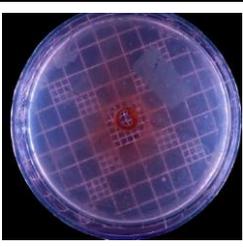
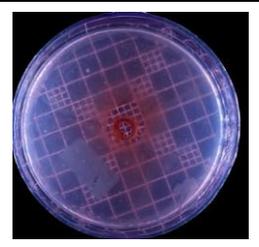


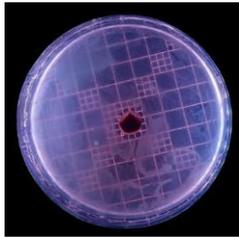
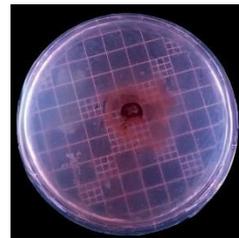
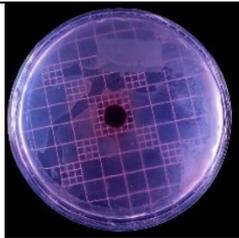
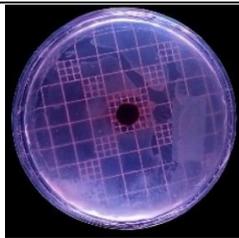
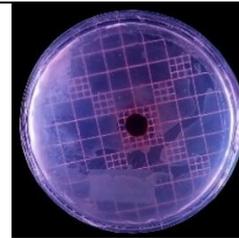
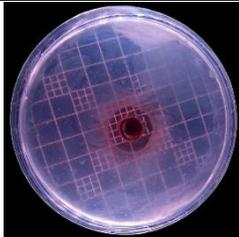
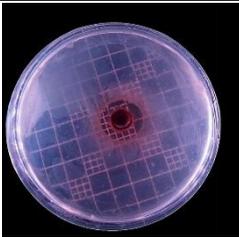
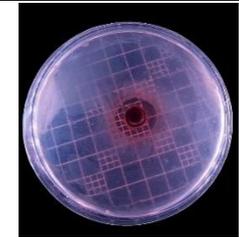
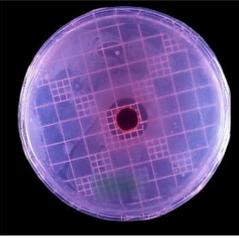
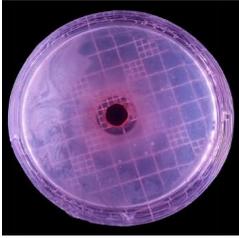
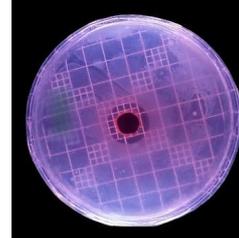
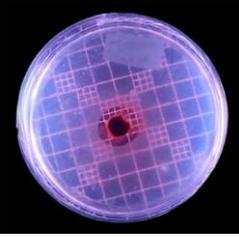
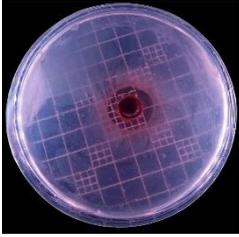
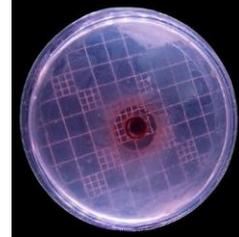
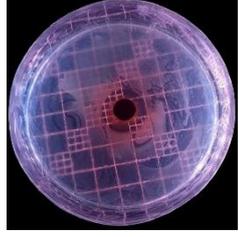
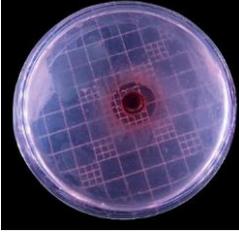
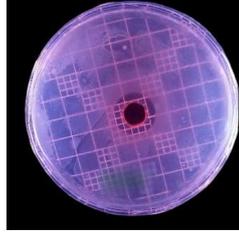
### 1.5.2 Uji Aktivitas Antibakteri Difusi Sumuran, KHM, KBM

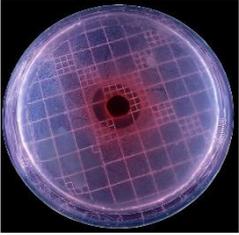
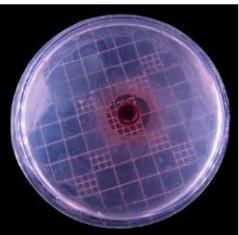
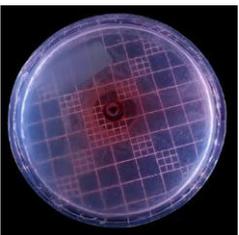
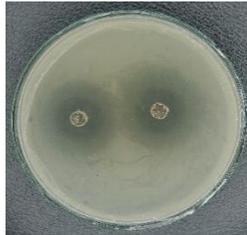
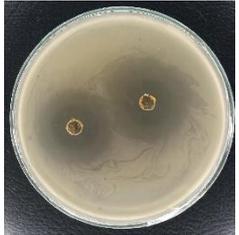
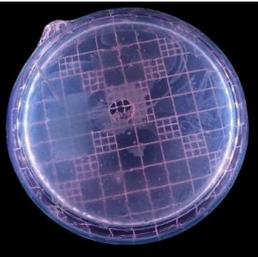
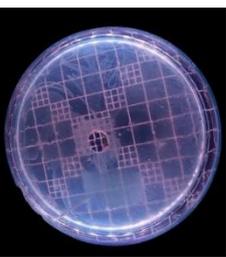
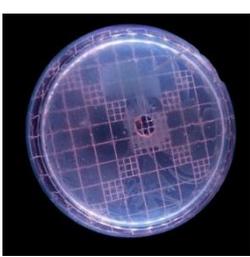


			
---	--	--	--

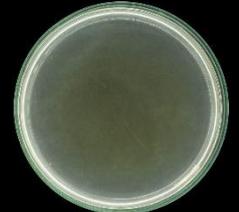
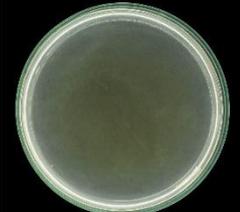
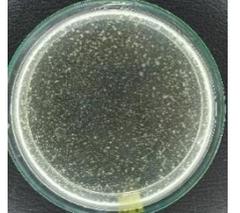
### 1.5.3 Hasil Uji Zona Hambat Difusi Sumuran

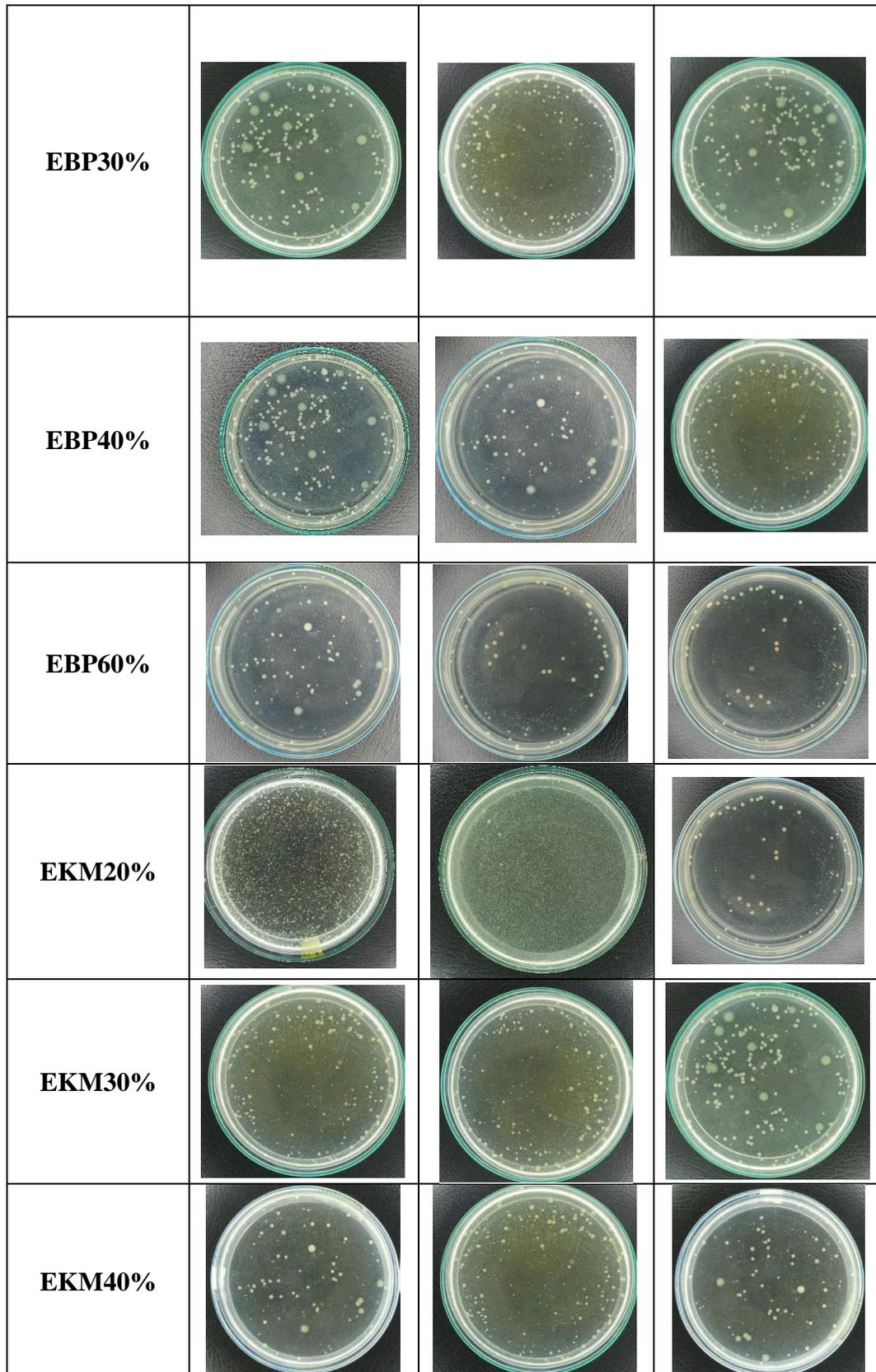
Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
EBP 20%			
EBP 30%			
EBP 40%			
EBP 60 %			

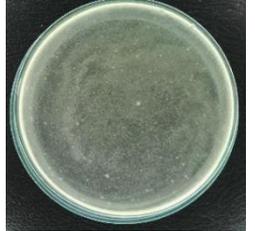
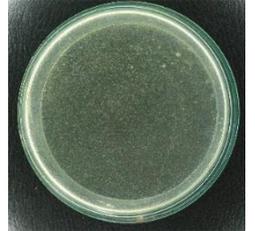
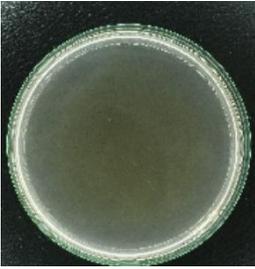
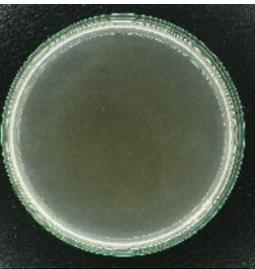
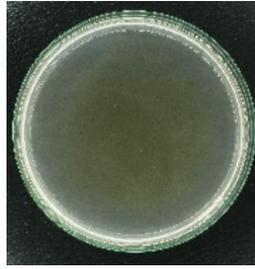
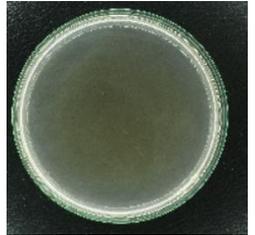
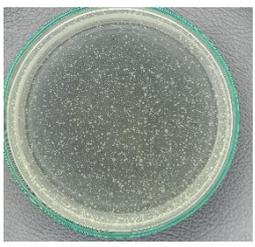
<b>EKM 20%</b>			
<b>EKM 30%</b>			
<b>EKM 40%</b>			
<b>EKM 60%</b>			
<b>EBP 40%: EKM 20%</b>			
<b>EBP 30%: EKM 30%</b>			

<b>EBP 20%: EKM 40%</b>			
<b>K<sup>+</sup></b>			
<b>K<sup>-</sup></b>			

#### 1.5.4 Hasil Pengamatan Uji KBM

Perlakuan	10-1	10-2	10-3
<b>K(+)</b>			
<b>EBP20%</b>			



<b>EKM60%</b>			
<b>EBP40%: EKM 20%</b>			
<b>EBP30: EKM30</b>			
<b>EBP20:EKM 40</b>			
<b>K-</b>			



UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
MALANG

# LABORATORIUM BIOLOGI

lab-biologi.umm.ac.id | labbiologi@umm.ac.id

## LEMBAR VALIDASI HASIL PENELITIAN No. E.6.k/010/Lab.Bio-UMM/III/2025

Berdasarkan laporan hasil aktivitas di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang, Menerangkan bahwa hasil aktivitas yang dilakukan oleh:

Nama : Natilatus Sofa  
Nim : 210602110023  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan "Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Umbi Bawang Putih (*Allium sativum*) dan Kulit Kayu Manis (*Cinnamon burmanii*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*", pada tanggal 06-08 Maret 2025 merupakan hasil yang sebenar-benarnya.

Demikian surat keterangan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 24 Maret 2025

Validator Hasil Penelitian

Fitroh Nilla Prastika Hapsari, S.Pd.



Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Biologi UMM

Prof. Dr. Yuni Pantiwati, MM., M.Pd.



Kampus I  
Jl. Bandung 1 Malang, Jawa Timur  
P: +62 341 551 253 (Hunting)  
F: +62 341 480 435

Kampus II  
Jl. Bendungan Sutarni No.158 Malang, Jawa Timur  
P: +62 341 551 149 (Hunting)  
F: +62 341 582 060

Kampus III  
Jl. Raya Tlogomas No.248 Malang, Jawa Timur  
P: +62 341 464 318 (Hunting)  
F: +62 341 480 435  
E: webmaster@umm.ac.id



# LABORATORIUM BIOLOGI

lab.biologi@umm.ac.id | labbiologi@umm.ac.id

UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
MALANG

## SURAT KETERANGAN PENELITIAN No. E.6.k/010/Lab.Bio-UMM/III/2025



Yang bertanda tangan dibawah ini adalah Kepala Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang, Menerangkan Bahwa:



Nama : Natlilatus Sofa  
Nim : 210602110023  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah benar-benar melakukan penelitian dan menggunakan fasilitas di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang, guna menunjang penyelesaian tugas akhir (SKRIPSI) dengan judul "Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Umbi Bawang Putih (*Allium sativum*) dan Kulit Kayu Manis (*Cinnamom burmanii*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*", pada tanggal 08-08 Maret 2025.

Demikian surat keterangan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 24 Maret 2025

Kepala Laboratorium Biologi UMM



Yuni Pantiwati, MM., M.Pd.



Kampus I  
Jl. Bawean 1 Malang, Jawa Timur  
P. +62 341 501 253 (Pusat)  
E. +62 341 460 435

Kampus II  
Jl. Bawean 2 Malang No 108 Malang, Jawa Timur  
P. +62 341 501 138 (Pusat)  
E. +62 341 582 080

Kampus III  
Jl. Raya Tlogomas No 246 Malang Jawa Timur  
P. +62 341 464 318 (Pusat)  
E. +62 341 460 435  
E. webmaster@umm.ac.id



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR  
DINAS KESEHATAN  
**UPT LABORATORIUM HERBAL MATERIA MEDICA BATU**  
Jalan Lahor Nomor 87, Pesanggrahan, Kota Batu, Jawa Timur 65313  
Telepon 0341 593396, Laman [materiamedica.jatimprov.go.id](http://materiamedica.jatimprov.go.id),  
Pos el [materiamedicabatu@jatimprov.go.id](mailto:materiamedicabatu@jatimprov.go.id)

Batu, 26 Februari 2025

Nomor : 000.9.3/645/102.20/2025  
Sifat : Terbuka  
Hal : Determinasi Tanaman Kayu Manis

Memenuhi permohonan saudara :

Nama : NATILATUS SOFA  
NIM/NIP/NIK : 210602110023  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI, JURUSAN BIOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

- Perihal determinasi tanaman kayu manis  
Famili : Lauraceae  
Genus : Cinnamomum  
Spesies : *Cinnamomum burmanni* (Nees & T.Nees) Blume  
Nama Umum : Holim (Batak), kayu manis (Melayu), madang kulit manis (Minangkabau), huoi mentek (Sunda), kayu manis, keningar, manis jangan (Jawa), kanyengar (Madura), cingar (Bali).  
Kunci Determinasi : 1b-2b-3b-4b-6b-7b-9b-10b-11b-12b-13b-14b-16a-239b-243b-244a-245b-246b-247a:Lauraceae-1b-2b-13b-14b-15a:Cinnamomum-1a-2b-5a-6b:*C.burmanni*.
- Morfologi : Habitus: Pohon, tahunan, tinggi 10-15 m. Batang: Berkayu, tegak, bercabang, hijau kecoklatan. Daun: Tunggal, lanset, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, panjang 4-14 cm, lebar 1,5-6 cm, melengkung, masih muda merah pucat setelah tua hijau pertulangan. Bunga: Majemuk, bentuk malai, di ketiak daun, berambut halus, tangkai panjang 4-12 mm, benang sari dengan kelenjar di tengah tangkai sari, mahkota panjang 4-5 mm, kuning. Buah: Buni, panjang  $\pm 1$  cm, masih muda hijau setelah tua hitam. Biji: Kecil, bulat telur, masih muda hijau setelah tua hitam. Akar: Tunggang, coklat kotor.
- Bagian yang digunakan : Kulit batang.
- Penggunaan : Penelitian.
- Daftar Pustaka
  - Backer, C.A dan Bakhuizen Van Den Brink, R.C. 1963. *Flora of Java (Spermathopytes only)* Vol. I. Wolters-Noordhoff NV, Groningen, the Netherlands.
  - Van Steenis, CGGJ. 2008. *FLORA: untuk Sekolah di Indonesia*. Pradnya Paramita, Jakarta.

Demikian surat keterangan determinasi ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

a.n. Kepala UPT Laboratorium Herbal  
Materia Medica Batu  
Kepala Seksi Pengembangan Tanaman  
Obat dan Obat Tradisional

SABTINA A. MARTHA, SKM., M.Sc.  
Penata  
NIP 198804272014032003



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR  
DINAS KESEHATAN  
UPT LABORATORIUM HERBAL MATERIA MEDICA BATU

Jalan Lahor Nomor 87, Pesanggrahan, Kota Batu, Jawa Timur 65313  
Telepon 0341 593396, Laman [materiamedica.jatimprov.go.id](http://materiamedica.jatimprov.go.id),  
Pos el [materiamedicabatu@jatimprov.go.id](mailto:materiamedicabatu@jatimprov.go.id)

Batu, 26 Februari 2025

Nomor : 000.9.3/644/102.20/2025  
Sifat : Terbuka  
Hal : Determinasi Tanaman Bawang Putih

Memenuhi permohonan saudara :

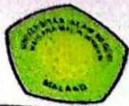
Nama : NATILATUS SOFA  
NIM/NIP/NIK : 210602110023  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI, JURUSAN BIOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

- Perihal determinasi tanaman bawang putih  
Famili : Amaryllidaceae (lama) / Liliaceae (baru)  
Genus : Allium  
Spesies : *Allium sativum* L.  
Nama Umum : Garlic (Inggris), bawang putih (Indonesia), bawang (Jawa), bawang bodas (Sunda), bawang handak (Lampung), kasuna (Bali), lasuna pute (Bugis), bhabang pote (Madura), bawa bodudo (Ternate), kalfeo foleu (Timor).  
Kunci Determinasi : 1b-2b-3b-4b-6b-7b-9b-10a-92b-100a-101b-102b:Amaryllidaceae-1a-2b-3a-4a:Allium -1b-4b-6b:A. *sativum*.
- Morfologi : Habitus: Herba, semusim, tinggi 40-60 cm, berumbi lapis atau siung, umbi bawang tunggal hanya terdiri dari satu siung. Batang: Batang semu yang terbentuk dari pelepah-pelepah daun. Daun: Tunggal, memeluk umbi lapis, bentuk mirip pita, putih dan memanjang. Bunga: Majemuk, bentuk bongkol, bertangkai silindris, panjang  $\pm 40$  cm, hijau, benang sari enam, tangkai sari putih, kepala sari hijau, putik menancap pada dasar bunga, mahkota bentuk bulat telur, ujung runcing, tengahnya bergaris putih. Buah: Batu, bulat, hijau. Biji: Segi tiga, hitam. Akar: Serabut, putih.
- Bagian yang digunakan : Umbi/ bulbus.
- Penggunaan : Penelitian.
- Daftar Pustaka
  - Backer, C.A. & Bakhuizen Van Den Brink, R.C. 1968. *Flora of Java (Spermatophytes Only)*, Vol. III. N.V.P. Noordhoff, Groningen.
  - Van Steenis, CGGJ. 2008. *FLORA: untuk Sekolah di Indonesia*. Pradnya Paramita, Jakarta.

Demikian surat keterangan determinasi ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

an Kepala UPT Laboratorium Herbal  
Materia Medica Batu  
Kepala Seksi Pengembangan Tanaman  
Obat dan Obat Tradisional

SABRINA A. MARTHA, SKM., M.Sc.  
Penata  
NIP 198804272014032003



### JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

#### IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210602110023  
Nama : NATILATUS SOFA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : BIOLOGI  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. KIPTIYAH,M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKSTRAK ETANOL KULIT BAWANG PUTIH DAN BAWANG MERAH TERHADAP BAKTERI STAPHYLOCOCCUS AUREUS

#### IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	27 Oktober 2024	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Bab1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	07 November 2024	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	15 November 2024	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	18 November 2024	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Bab 1-3	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	09 Desember 2024	DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si	Penggunaan integrasi Ayat yang sesuai Belajar menggunakan word in Qur'an kemenag	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	10 Desember 2024	DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si	Diskusi hasil revisi ayat integrasi berdasarkan tafsirnya	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	11 Desember 2024	DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si	Revisi terakhir ACC	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	14 Februari 2025	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Revisi proposal skripsi setelah seminar proposal	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	18 Maret 2025	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Konsultasi hasil penelitian	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	28 Mei 2025	DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si	Integrasi ayat Bab 4 -5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	03 Juni 2025	Dr. KIPTIYAH,M.Si	Bab 4 -5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
12	03 Juni 2025	DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si	Revisi integrasi ayat Bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
13	04 Juni 2025	Dr. KIPTIYAH,M.Si	ACC Bab 4 dan 5	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

  
DIDIK WAHYUDI,S.Si., M.Si

Malang, 30 Juni 2025  
Dosen Pembimbing 1

  
Dr. KIPTIYAH,M.Si





KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933  
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

Form Checklist Plagiasi

Nama : Natilatus Sofa

NIM : 210602110023

Judul : Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Bawang Putih (*Allium sativum* L.) dan Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*, Nees & Th. Nees) Terhadap *Staphylococcus aureus*

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	197	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002