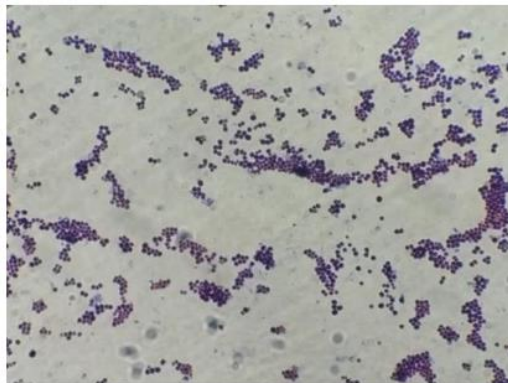


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Bakteri *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram-positif yang berbentuk kokus dan sering ditemukan secara alami pada kulit dan mukosa manusia. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan berkembang biak di berbagai lingkungan menjadikannya salah satu patogen paling penting dan sering dijumpai dalam praktik klinis. *Staphylococcus aureus* memiliki sifat oportunistik yang unik, di mana ia dapat hidup tanpa menimbulkan gejala pada sekitar 30% populasi, namun siap berubah menjadi agen infeksius yang agresif ketika kondisi inang melemah atau terdapat kerusakan pada jaringan pelindung, seperti luka, bisul dan infeksi kulit hingga penyakit serius seperti pneumonia, endokarditis, dan sepsis. Bakteri ini dikenal karena memiliki berbagai faktor virulensi yang kompleks, seperti produksi toksin, enzim koagulase, dan protein adhesin yang memungkinkannya melekat pada jaringan inang dan melawan respon imun tubuh. Faktor-faktor ini juga berkontribusi pada pembentukan biofilm yang melindungi bakteri dari mekanisme pertahanan tubuh dan terapi antibiotik (Bashabsheh et al., 2024).



Gambar 2.1 *Staphylococcus aureus* (Hayati et al., 2019)

Gambar 2.1 menunjukkan hasil pengamatan mikroskopis bakteri *Staphylococcus aureus* dengan pembesaran 1.000x menggunakan pewarnaan gram. *Staphylococcus aureus* memiliki morfologi khas berbentuk bulat (kokus) dengan diameter 1 μm . Sel-sel bakteri tersebut tersusun secara berkelompok membentuk pola menyerupai tandan anggur. Pada pewarnaan gram, bakteri ini

menunjukkan warna ungu tua, menandakan bahwa *Staphylococcus aureus* bersifat Gram-positif. Warna ungu ini disebabkan oleh kemampuan dinding selnya yang tebal dan kaya akan peptidoglikan untuk menahan kompleks kristal violet-iodin bahkan setelah perlakuan alkohol, sehingga tidak mengalami dekolorisasi.

Bakteri *Staphylococcus aureus* tidak aktif bergerak dan tidak membentuk spora. Meskipun tidak membentuk spora, *Staphylococcus aureus* termasuk salah satu bakteri yang paling resisten terhadap berbagai kondisi lingkungan maupun antibiotik. Bakteri ini mampu bertahan selama berbulan-bulan di media miring, baik pada suhu ruang maupun dalam lemari pendingin. Selain itu, *Staphylococcus aureus* dapat hidup antara 6 hingga 14 minggu pada permukaan kering seperti kertas, kain, atau jaringan nanah (Umayu, 2017). Adapun klasifikasi *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut yaitu (A. H. Putri, 2022):

Domain : *Eubacteria*
 Kingdom : *Bacteria*
 Divisi : *Firmicutes*
 Kelas : *Cocci*
 Ordo : *Bacillales*
 Family : *Staphylococcaceae*
 Genus : *Staphylococcus*
 Spesies : *Staphylococcus aureus*

1. Patogenesis *Staphylococcus aureus*

Infeksi *Staphylococcus aureus* dimulai dengan perlekatan pada sel inang, bakteri menggunakan adhesin untuk berikatan dengan molekul inang seperti laminin, fibronektin, fibrinogen, dan kolagen yang membuatnya dapat menempel pada sel epitel atau jaringan. Setelah menempel, *Staphylococcus aureus* menyerang jaringan dengan melepaskan berbagai protein dan toksin. Lipase menguraikan lemak kulit, memicu pembentukan abses. α -toksin merusak membran sel dan memicu pelepasan sitokin, yang dapat menyebabkan inflamasi atau bahkan syok septik. Sementara itu, β -toksin menyerang membran kaya lipid, sedangkan γ -toksin dan leukosidin bersifat hemolitik, merusak sel darah dan jaringan.

Untuk melindungi diri, *Staphylococcus aureus* menggunakan koagulasi untuk membentuk kompleks stafilotrombin untuk melindungi bakteri dari fagositosis. Kemudian, stafilokinase melisiskan fibrin untuk membantu penyebaran bakteri. Eksotoksin seperti SEA-G dan TSST dapat menyebabkan penyakit berat seperti sindrom syok toksik. *Staphylococcus aureus* memiliki mekanisme perlawanan terhadap sistem pertahanan inang. Protein A mengikat daerah Fc pada antibodi IgG, mengganggu proses opsonisasi dan fagositosis. Pembentukan mikrokapsul pada permukaan sel bakteri juga secara fisik menghambat sel imun. Selain itu, leukosidin menargetkan leukosit untuk melemahkan respons imun. Berbagai enzim seperti protease, lipase, dan DNase, turut mendukung pertahanan bakteri dan *Staphylococcus aureus* dapat bertahan dan berkembang biak dalam jaringan inang (Husna, 2018).

B. Jeruk Lemon (*Citrus limon*)

Jeruk lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.f.) merupakan salah satu jenis tanaman perdu atau pohon dari famili *Rutaceae*, tumbuhan ini memiliki ciri-ciri khusus pada daunnya yang berbentuk oval dan memiliki tangkai bersayap sempit, serta bunganya yang berwarna kemerahan dengan banyak benang sari. Buahnya berbentuk oval, dengan panjang sekitar 8-9 cm, berwarna kuning cerah, kulitnya kasar, bijinya kecil dengan bentuk ovoid, permukaan biji yang halus dan terkenal dengan rasanya yang asam dan menyegarkan. Jeruk lemon (*Citrus limon*) mengandung berbagai senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan dalam dunia kesehatan (Harahap et al., 2021).



Gambar 2. 2 Buah Jeruk Lemon (*Citrus limon*) (Dokumentasi Peneliti, 2025)

Gambar 2.2 menunjukkan sekelompok jeruk lemon yang masih segar, jeruk lemon berbentuk cenderung oval, permukaan kulit yang agak kasar dan berpori. Jeruk lemon mengandung kalenjar minyak esensial yang memberikan aroma citrus segar dan tajam. Jeruk lemon dapat tumbuh di iklim tropis Indonesia, dengan kemampuan berbuah sepanjang tahun meski puncak produksi terjadi pada musim hujan. Adapun klasifikasi *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut yaitu :

Kingom : *Spermatophyta*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Rosidae*
 Ordo : *Sapindales*
 Famili : *Rutacea*
 Genus : *Citrus*
 Spesies : *Citrus limon (L.)* (Harahap et al., 2021)

1. Kandungan Dalam Buah Lemon

Jeruk lemon (*Citrus limon*) merupakan tumbuhan yang memiliki berbagai nutrisi yang memberi manfaat bagi kesehatan, seperti Vitamin C, Asam sitrat, Vitamin A, B1, B2, fosfor, kalsium, pectin, serat dan minyak atsiri. Selain itu jeruk lemon juga mengandung gula alami, mineral, serta senyawa aktif lainnya. (Pravita & Dhurhania, 2023).

Menurut beberapa penelitian buah lemon memiliki senyawa metabolit sekunder yang berasal dari sumber alami tumbuhan yang dapat memberikan efek fisiologis terhadap makhluk hidup. Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, dan tanin (Christian, 2024)

a. Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder terbesar yang ditemukan di berbagai bagian tumbuhan, seperti akar, batang, daun, kulit, bunga buah dan biji. (A. O. Putri et al., 2024). Senyawa ini tersusun atas kerangka dasar karbon $C_6 - C_3 - C_6$, yang terdiri dari dua cincin aromatik. Dalam aktivitas biologis, flavonoid dikenal memiliki kemampuan sebagai agen antioksidan dan antibakteri melalui mekanisme penghambatan fungsi membran sel serta gangguan pada metabolisme energi bakteri. (Redha, 2010).

b. Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa organik metabolit sekunder yang mengandung atom nitrogen dan bersifat basa. Senyawa ini disintesis oleh tumbuhan sebagai bentuk pertahanan diri terhadap organisme lain. Secara kimiawi alkaloid memiliki kemampuan untuk menjaga konsisten penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga menyebabkan kemampuan menembus sel dan berakhir pada kematian sel bakteri tersebut. (D. M. Putri & Lubis, 2022)

c. Saponin

Saponin merupakan senyawa glikosida kompleks yang memiliki karakteristik khusus berupa kemampuan membentuk busa stabil apabila dikocok di dalam air. Struktur kimia saponin terdiri dari gugus gula (glikon) yang berikatan dengan aglikon (sapogenin), yang dapat berupa steroid maupun triterpenoid. Senyawa ini dikenal memiliki sifat seperti deterjen (surfaktan) alami yang mampu menurunkan tegangan permukaan membran sel. Karakteristik amfilik tersebut menunjukkan saponin mampu berinteraksi dengan lipid bilayer pada membran plasma dan menyebabkan terjadinya kebocoran sitoplasma. (Suleman et al., 2022)

d. Tanin

Tanin merupakan senyawa polifenol dengan berat molekul tinggi yang memiliki kemampuan unik untuk mengikat dan mengendapkan protein. Senyawa ini secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi, yang keduanya memiliki reaktivitas tinggi terhadap makromolekul seluler. Di dalam kulit buah lemon, tanin dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang dilakukan melalui pengikatan enzim bakteri atau protein pada membran sel, sehingga proses metabolisme dan nutrisi bakteri menjadi terhenti. (Kasih et al., 2022)

e. Terpenoid dan Steroid

Terpenoid dan steroid merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang secara biosintesis berasal dari unit isoprena melalui jalur asam mevalonat, di mana keduanya memiliki peran krusial sebagai agen pertahanan diri pada tumbuhan maupun sebagai senyawa bioaktif dalam farmakologi. Terpenoid dicirikan oleh kerangka karbon yang terdiri dari unit C_{10} (monoterpen) hingga C_{40} (tetraterpen), sementara steroid memiliki struktur dasar inti siklopentanoperhidrofenantrena

yang sering ditemukan dalam bentuk sterol atau glikosida. Keberadaan senyawa ini dalam ekstrak tanaman sering kali dikaitkan dengan aktivitas biologis seperti antibakteri dan antiinflamasi, yang bekerja dengan cara mengganggu integritas membran sel patogen melalui mekanisme lipofilik. (Nola et al., 2021)

2. Manfaat Kulit Jeruk Lemon

Berbagai manfaat Kesehatan tubuh dari jeruk lemon termasuk:

a. Kaya Akan Antioksidan

Kulit jeruk lemon mengandung flavonoid dan limonoid yang berperan sebagai antioksidan kuat. Antioksidan ini membantu melindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas penyebab penyakit kronis seperti kanker dan penyakit jantung. Vitamin C di dalamnya juga meningkatkan sistem imun tubuh.

b. Sifat Antibakteri dan Antimikroba

Senyawa seperti d-limonene dalam kulit lemon memiliki aktivitas antibakteri yang efektif melawan berbagai bakteri patogen, termasuk penyebab infeksi kulit. Karakter antibakterinya membuat kulit lemon berpotensi sebagai bahan antiseptik alami dan alternatif pengobatan infeksi.

c. Mendukung Kesehatan Kulit

Vitamin C dan asam sitrat membantu memperbaiki sel kulit yang rusak, mencerahkan kulit, dan mengurangi jerawat. Kulit lemon juga dapat mengangkat sel kulit mati sehingga wajah tampak lebih halus dan cerah.

d. Mendukung Sistem Pencernaan

Serat dan asam organik di kulit lemon memperbaiki fungsi pencernaan dan mencegah sembelit, serta membantu penyerapan nutrisi yang lebih baik dalam tubuh.

e. Alternatif Pengobatan Alami

Kulit lemon digunakan dalam pengobatan tradisional untuk melawan infeksi ringan dan mempercepat penyembuhan luka. Selain antibakteri, kulit lemon juga ramah lingkungan dan mudah diperoleh.

e. Penggunaan dalam Produk Kesehatan dan Kosmetik

Kulit lemon dimanfaatkan dalam produk antiseptik, sabun, dan masker wajah berkat sifat antibakteri dan antioksidannya, membantu menjaga kulit bersih dan mencegah penuaan dini (Latupeirissa et al., 2022).

C. Metode Ekstraksi

Ekstraksi merupakan tahapan awal yang sangat krusial dalam penelitian bioaktif dari bahan alam. Ekstraksi didefinisikan sebagai proses pemisahan komponen kimia, atau zat aktif, dari bahan padatan seperti simplisia menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ini bertujuan untuk memisahkan kandungan metabolit sekunder yang ada didalam tanaman.

Pemilihan metode ekstraksi tidak boleh dilakukan sembarangan. Beberapa pertimbangan penting seperti sifat senyawa kimia, jenis pelarut, ketersediaan alat, serta stabilitas zat aktif terhadap suhu perlu diperhatikan. Konsep dasar pada proses ini yaitu pelarut menarik senyawa dengan kepolaran yang serupa. Secara umum, metode ekstraksi diklasifikasi menjadi dua kategori, yaitu ekstraksi dingin (tanpa pemanasan) dan ekstraksi panas (dengan pemanasan).

Maserasi adalah metode ekstraksi yang paling sering dilakukan dimana serbuk simplisia direndam dalam pelarut pada suhu kamar. Prinsip kerjanya didasarkan pada mekanisme perendaman selama beberapa hari. Proses maserasi dapat dioptimalkan melalui remaserasi.

Remaserasi merupakan metode lanjutan dari metode ekstraksi maserasi, dengan pengulangan dan penambahan larutan yang sama. Penambahan pelarut baru pada proses remaserasi dapat membantu melarutkan metabolit sekunder yang masih tertinggal pada simplisia agar simplisia terekstrak dengan sempurna. Tujuan dari remaserasi adalah untuk memastikan bahwa semua metabolit sekunder yang mungkin masih tertinggal pada simplisia telah terlarut sepenuhnya. Proses ekstraksi dapat dihentikan ketika pelarut baru yang ditambahkan tidak lagi menunjukkan perubahan warna. Kondisi ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder pada simplisia sudah terekstrak secara keseluruhan (Arviani et al., 2023).

D. Metode Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas senyawa antimikroba dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme, yang menjadi dasar pengembangan pengobatan yang efisien. Adapun metode yang digunakan dalam uji aktivitas antibakteri yaitu, difusi cakram, difusi sumuran, uji Konsentrasi Hambat Minimum, uji Konsentrasi Bakterisida Minimum, dan difusi dilusi. Metode difusi cakram, yang dikenal sebagai metode Kirby-Bauer, merupakan teknik standar untuk menguji sensitivitas bakteri terhadap agen antibakteri. Dalam metode ini, disk kertas yang mengandung senyawa antibakteri diletakkan pada media agar, seperti Mueller-Hinton agar, yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri uji. Senyawa antibakteri berdifusi ke dalam media, menciptakan gradien konsentrasi yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri di sekitar disk (Balouiri et al., 2016).

Prosedur pengujian melibatkan inkubasi pelat pada suhu 35-37°C selama 18-24 jam, setelah itu zona hambat, yaitu daerah bening di sekitar disk, diukur untuk menunjukkan adanya inhibisi pertumbuhan bakteri. Diameter zona hambat mencerminkan tingkat sensitivitas bakteri terhadap agen antibakteri, dengan zona yang lebih besar mengindikasikan efektivitas yang lebih tinggi. Metode ini memungkinkan penilaian kualitatif dan semikuantitatif untuk menentukan apakah bakteri sensitif, resisten, atau memiliki sensitivitas sedang. Standarisasi prosedur, seperti konsentrasi bakteri dan jenis media, sangat penting untuk memastikan hasil yang konsisten dan akurat (Hudzicki, 2009).

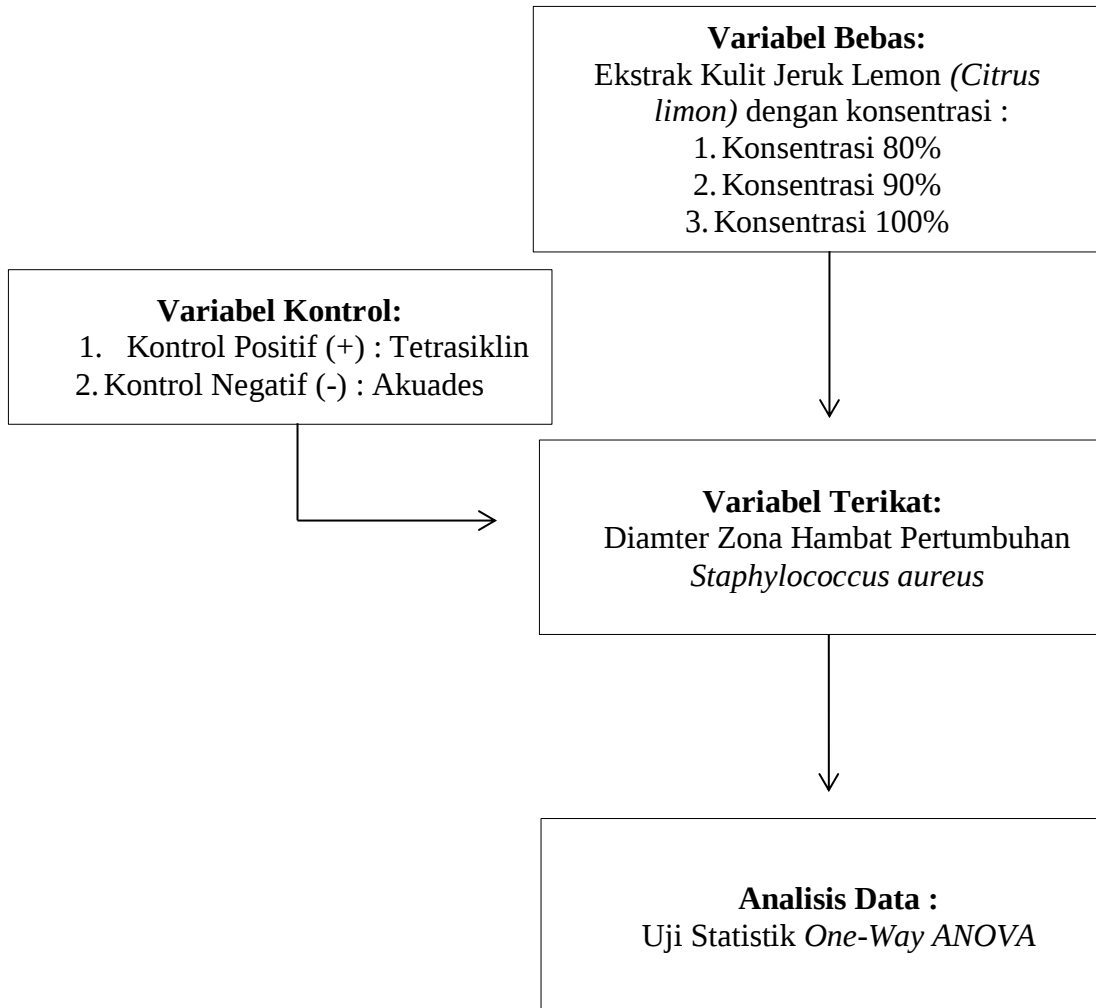
Tabel 2.1 Tabel Respon Hambatan Mikroba (Kasih et al., 2022)

Diameter zona hambat	Respon hambatan mikroba
≤ 10 mm	Lemah
10-15 mm	Sedang
16-20 mm	Kuat
> 20 mm	Sangat kuat

Tabel 2.1 menunjukkan respon hambatan mikroba yang menentukan efektivitas suatu senyawa antimikroba umumnya didasarkan pada luasnya area bening yang terbentuk disekitar cakram. Berdasarkan klasifikasi yang dipaparkan oleh Kasih et al. (2022), kekuatan respon hambatan mikroba terbagi menjadi empat kategori utama, yakni kategori lemah untuk diameter ≤ 10 mm, sedang

pada rentang 10–15 mm, kuat pada kisaran 16–20 mm, serta kategori sangat kuat apabila diameter yang dihasilkan melebihi 20 mm. Parameter ini sangat penting dalam mengevaluasi potensi bioaktif suatu bahan alami maupun sintetik, mengingat diameter zona hambat berbanding lurus dengan kemampuan daya hambat senyawa terhadap pertumbuhan mikroorganisme (Desbois & Smith, 2015).

E. Kerangka Konsep Penelitian



Tabel 2.2 Kerangka Konsep Penelitian