

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Bakteri *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram-positif berbentuk kokus (bulat), berukuran sekitar 0,5 hingga 1,5 μm . Sel-selnya biasanya tersusun dalam kelompok yang tidak beraturan, menyerupai tandan anggur ketika diamati di bawah mikroskop setelah pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram tampak ungu karena dinding selnya mempertahankan pewarna kristal violet. Lebih lanjut, *Staphylococcus aureus* bersifat anaerob fakultatif, yang berarti dapat tumbuh dengan maupun tanpa oksigen (Lestari & Salasia, 2017).

Koloni *Staphylococcus aureus* pada media agar, setelah diinkubasi selama kurang lebih 24 jam pada suhu optimal sekitar 37°C, umumnya membentuk koloni berukuran 1 hingga 3 mm atau sedikit lebih besar, tergantung jenis medianya. Karakteristik koloni meliputi: konveksitas, permukaan halus, tepi utuh, warna kuning keemasan hingga putih kekuningan karena pigmen karotenoid (pigmen emas = *aureus*), dan sering menunjukkan beta-hemolisis ketika ditumbuhkan pada media agar darah (Dewi, 2013).

Secara biokimia, *Staphylococcus aureus* bersifat katalase-positif (memecah H_2O_2 untuk menghasilkan gelembung oksigen) dan koagulase-positif (menggumpalkan plasma), yang membedakannya dari spesies stafilokokus koagulase-negatif lainnya. Bakteri ini juga dapat memfermentasi Manitol, terutama ketika ditumbuhkan pada media selektif seperti *Mannitol Salt Agar* (MSA), yang juga berfungsi sebagai metode identifikasi laboratorium (Kateete *et al.*, 2023).

Staphylococcus aureus toleran terhadap lingkungan dengan kadar garam tinggi; misalnya, ia dapat tumbuh di media yang mengandung NaCl sekitar 7,5% atau lebih tinggi. Suhu pertumbuhan optimalnya adalah sekitar 30–37°C, tetapi dapat tumbuh pada rentang suhu yang lebih luas (sekitar 18–40°C, tergantung pada strain dan kondisi lingkungan). pH optimalnya mendekati netral (sekitar 7,0–7,5). Toleransi terhadap fluktuasi garam dan suhu ini memungkinkan *Staphylococcus aureus* untuk bertahan hidup dan berkembang biak di berbagai

lingkungan, termasuk kulit, permukaan, dan jaringan manusia (Amalia *et al.*, 2016).

Lebih lanjut, *Staphylococcus aureus* memiliki beberapa faktor virulensi yang memengaruhi kemampuannya untuk menginfeksi. Faktor-faktor ini meliputi produksi hemolisin (yang merusak sel darah merah), toksin seperti *Panton Valentine Leukocidin* (PVL), protein adhesi (yang digunakan untuk kemampuan untuk membentuk biofilm). Virulensi ini membuat *Staphylococcus aureus* lebih sulit dikendalikan, terutama ketika ia mengembangkan resistensi antibiotik (K *et al.*, 2012).

Infeksi yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* semakin sulit ditangani karena bakteri ini telah menunjukkan tingkat resistensi yang tinggi terhadap berbagai jenis antibiotik. Salah satu bentuk resistensi yang paling dikenal adalah *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), yang tidak dapat diatasi dengan antibiotik golongan β -laktam. MRSA memiliki gen *mecA* yang menyandi protein PBP2a, sehingga antibiotik tidak mampu lagi menghambat sintesis dinding sel bakteri. Susanti, *et al* (2020) dalam penelitiannya membandingkan efektivitas antibakteri antara ekstrak batang kasturi dan antibiotik *ampisilin* terhadap *Staphylococcus aureus*, dan ditemukan bahwa ekstrak tumbuhan juga dapat memberikan efek antibakteri yang signifikan, meskipun tidak selalu menyamai kekuatan antibiotik konvensional (Susanti *et al.*, 2020).

Resistensi antibiotik yang tinggi berdampak langsung pada efektivitas pengobatan infeksi bakteri. Banyak kasus klinis menunjukkan bahwa pasien membutuhkan waktu pemulihan yang lebih lama karena pengobatan standar menjadi kurang efektif, sehingga diperlukan alternatif pengobatan lain, termasuk dari sumber bahan alam. Dalam konteks ini, ekstrak kulit jeruk telah banyak diteliti karena mengandung senyawa antibakteri seperti flavonoid, tanin, dan minyak atsiri. Farren, *et al* (2025) membuktikan bahwa ekstrak kulit jeruk manis dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* yang menyerang luka ulkus diabetikum, dan hasilnya menunjukkan aktivitas antibakteri yang cukup kuat terutama pada konsentrasi tinggi (Farren Farren *et al.*, 2025).

Senyawa ini bekerja dengan cara merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel, serta meningkatkan permeabilitas membran sel bakteri sehingga

menyebabkan kematian sel. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Arman *et al* (2021), ekstrak kulit jeruk manis menunjukkan peningkatan efektivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sering peningkatan konsentrasi, dan zona hambat yang dihasilkan pada konsentrasi tertinggi bahkan melampaui kontrol positif berupa antibiotik amoksisilin (Arman *et al.*, 2021).

Penemuan dan pengembangan agen antibakteri dari bahan alami seperti kulit jeruk menjadi penting untuk menjawab tantangan resistensi antibiotik yang semakin meluas. Kulit jeruk yang umumnya dianggap limbah ternyata memiliki potensi besar sebagai agen terapeutik. Penggunaan ekstrak kulit jeruk dalam bentuk sediaan topikal atau larutan dapat menjadi pilihan pengobatan infeksi ringan hingga sedang yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*. Penelitian oleh choirunnisa *et al* (2022) kembali menegaskan bahwa bahan alami lokal seperti kalamansi dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif antibakteri yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan (Choirunnisa *et al.*, 2022).

B. Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa*)

Jeruk Kalamansi atau biasa disebut jeruk kasturi ini memiliki bentuk yang lebih kecil dibandingkan jeruk lainnya, jeruk kasturi memiliki diameter rata-rata 2-3 cm. Saat masih muda, warnanya hijau dan akan menjadi kuning atau oranye setelah matang.



Gambar 1. Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa*)
(Dokumen Peneliti, 2025)

Pada gambar 1 menunjukkan jeruk kalamansi, atau dikenal juga sebagai *Citrus microcarpa*, merupakan salah satu spesies tanaman dari genus *Citrus* yang banyak dibudidayakan di Asia Tenggara. Meskipun buahnya sering dimanfaatkan

sebagai minuman segar atau bumbu masakan, kulit jeruk kalamansi seringkali dianggap limbah padahal menyimpan potensi farmakologis yang signifikan. Kulit buah ini kaya akan berbagai senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, polifenol, dan minyak atsiri. Kandungan-kandungan ini telah lama menjadi fokus penelitian karena dikaitkan dengan berbagai manfaat kesehatan, salah satunya adalah sebagai agen antimikroba yang potensial (Lebong *et al.*, 2017).

Efektivitas ekstrak kulit jeruk kalamansi sebagai antibakteri sangat erat kaitannya dengan tingginya konsentrasi flavonoid di dalamnya. Beberapa flavonoid yang umum ditemukan pada *Citrus sp.* antara lain hesperidin dan naringin. Senyawa-senyawa ini bekerja dengan cara merusak integritas membran sel bakteri. Ketika membran sel rusak, fungsi penting sel, seperti transport nutrisi dan sintesis dinding sel, akan terganggu, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri. Mekanisme inilah yang mendasari penelitian tentang efektivitas ekstrak kulit jeruk kalamansi dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Thebti *et al.*, 2023).

C. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemindahan senyawa aktif (misalnya metabolit sekunder) dari bahan padat (simplicia, tumbuhan, dsb) ke dalam pelarut. Tujuannya adalah memperoleh senyawa bioaktif dengan kemurnian tertentu dan dalam bentuk yang dapat dianalisis atau digunakan. (definisi ini umum digunakan dalam farmasi dan kimia ekstraksi).

Metode ekstraksi ada dua, yaitu metode panas dan metode dingin. Namun, pada penelitian ini menggunakan metode ekstraksi dingin. Metode ekstraksi dingin, seperti maserasi, perkolasi, dan remeserasi dilakukan tanpa pemanasan atau dengan suhu rendah. Pendekatan ini sangat berguna untuk senyawa yang sensitif terhadap panas karena proses dingin dapat mencegah dekomposisi atau degradasi senyawa aktif. Dalam studi ekstrak tanaman, metode dingin ini juga terbukti menjaga stabilitas senyawa fenolik dan flavonoid. Sebagai contoh, perbandingan metode ekstraksi panas dan dingin pada bahan alam menunjukkan bahwa ekstraksi dingin misalnya maserasi lebih menjaga integritas senyawa termolabil (Kimia *et al.*, 2025).

Dalam penelitian ini, digunakan metode remaserasi untuk mengekstrak senyawa bioaktif dari kulit jeruk kalamansi. Remaserasi adalah proses ekstraksi lanjutan di mana setelah tahap maserasi awal, bahan simplisia direndam kembali dalam pelarut segar yang sama untuk mendapatkan komponen yang belum terekstraksi secara optimal pada tahap pertama. Metode ini terbukti meningkatkan rendemen senyawa aktif yang bersifat larut dalam pelarut karena perendaman ulang dapat mengekstrak komponen yang lebih sulit dilepaskan dari matriks tanaman. Sebagai contoh, penelitian terhadap herba krokot (*Portulaca oleracea* L.) menunjukkan bahwa ekstrak etanol yang diperoleh melalui maserasi dan remaserasi memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* (Sari *et al.*, 2021)

D. Metode Uji Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri mengacu pada kemampuan suatu senyawa atau ekstrak (misalnya dari tumbuhan) untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri patogen. Dalam penelitian farmasi, uji aktivitas antibakteri sangat penting karena memungkinkan penilaian potensi terapeutik bahan alam sebagai agen antimikroba alternatif, terutama menghadapi meningkatnya resistensi antibiotik. Metode *in vitro* seperti difusi agar (sumuran atau cakram) sangat populer karena memberikan indikasi awal efektivitas ekstrak dalam menghambat koloni bakteri dengan mengamati zona hambat yang terbentuk di media agar (Imawati *et al.*, 2023)

Metode difusi sumuran (*agar well diffusion*) sering dipilih ketika ekstrak yang diuji merupakan larutan pekat atau volume ujiannya memerlukan lebih banyak ruang. Dalam metode ini, sumuran dibuat pada agar yang diinokulasi bakteri, kemudian diisi dengan ekstrak pada berbagai konsentrasi. Setelah inkubasi, zona bening di sekitar sumuran diukur sebagai indikator hambatan pertumbuhan bakteri. Sebaliknya, metode difusi cakram (*disk diffusion*) menggunakan cakram kertas yang direndam ekstrak dan diletakkan di atas agar; metode ini lebih sederhana dan sesuai untuk perbandingan antar konsentrasi ekstrak maupun kontrol positif seperti antibiotik. Kedua metode ini telah banyak digunakan dan divalidasi dalam penelitian antimikroba herbal (Putri *et al.*, 2023).

Penggunaan metode uji aktivitas antibakteri dalam penelitian KTI sangat relevan untuk mengeksplorasi potensi terapeutik ekstrak kulit Kalamansi. Dengan metode difusi (sumuran atau cakram), peneliti dapat menguji berbagai konsentrasi ekstrak dan membandingkannya dengan kontrol positif dan kontrol negatif. Data zona hambat yang dihasilkan mampu memberikan informasi kuantitatif terkait efektivitas ekstrak dalam menghambat *Staphylococcus aureus*. Selain itu, jika hasil awal menunjukkan aktivitas signifikan, penelitian dapat dilanjutkan ke pengujian MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*) dan MBC (*Minimum Bactericidal Concentration*), serta karakterisasi fitokimia lebih lanjut untuk menentukan senyawa aktif utama (Tunny *et al.*, 2021).

E. Kerangka Konsep

