

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Penggunaan deterjen berbahan kimia sintetis, khususnya yang mengandung surfaktan anionik seperti Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS), telah menjadi salah satu sumber utama pencemaran lingkungan perairan. LAS diketahui memiliki tingkat biodegradabilitas rendah dan berpotensi menimbulkan toksisitas terhadap organisme akuatik (Tunjungsari et al., 2023). Dorongan dari regulasi lingkungan dan meningkatnya kesadaran konsumen memacu pengembangan deterjen ramah lingkungan berbasis bahan alam yang biodegradable, dengan penambahan enzim sebagai agen pembersih. Enzim lipase dan protease banyak diaplikasikan dalam industri deterjen modern karena mampu meningkatkan efektivitas pembersihan pada suhu rendah dan mengurangi kebutuhan surfaktan sintetis, sehingga mengurangi dampak ekologis (Zhang et al., 2022; Tunjungsari et al., 2023). Lipase berfungsi memecah lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol, sedangkan protease menguraikan noda berbasis protein, sehingga keduanya memiliki peran strategis dalam formulasi deterjen ramah lingkungan.

Sejalan dengan perkembangan tersebut, upaya eksplorasi bahan alam sebagai sumber surfaktan alami dan agen bioaktif terus meningkat. Salah satu tanaman yang memiliki potensi adalah waru *Hibiscus tiliaceus* L., yang secara tradisional digunakan sebagai obat herbal di berbagai wilayah tropis. Berbagai penelitian melaporkan bahwa ekstrak daun waru mengandung beragam senyawa fitokimia, seperti flavonoid, saponin, alkaloid, steroid, dan fenolik, yang diketahui memiliki aktivitas biologis penting, termasuk antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi (Surana et al., 2022). Analisis GC-MS yang dilakukan oleh Surana et al. (2022) mengidentifikasi setidaknya 23 senyawa bioaktif dalam ekstrak daun waru, terutama golongan sterol dan senyawa fenolik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan trombolitik. Studi lain oleh Surahmaida et al. (2020) juga menegaskan bahwa kandungan tannin, flavonoid, alkaloid, dan saponin pada daun waru menunjukkan potensi sebagai antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif, selain sebagai agen antikanker dan antioksidan.

Selain aktivitas farmakologisnya, potensi daun waru sebagai bahan aktif untuk formulasi deterjen *biodegradable* semakin mendapat perhatian. Studi oleh Tunjungsari et al. (2023) mengungkapkan bahwa ekstrak daun *Hibiscus* dapat dimanfaatkan sebagai surfaktan alami dalam deterjen cair, di mana kandungan flavonoid, polifenol, dan saponin berperan dalam meningkatkan kemampuan deterjen memberikan aktivitas antibakteri. Kandungan saponin deterjen ramah lingkungan terbukti dapat meminimalisir dampak negatifnya karena sifat biodegradabilitasnya yang tinggi. Senyawa-senyawa dalam daun waru cenderung mudah terdegradasi, sehingga meningkatkan efektivitas daya pembersihan deterjen melalui mekanisme tersebut. Oleh karena itu, penelitian untuk mengembangkan deterjen



dari daun waru dinilai penting, terutama untuk menghasilkan produk yang aman bagi kulit sensitif dan tetap ramah lingkungan (Friandita et al., 2023).

Metode analisis yang paling umum dan ideal untuk mengidentifikasi senyawa bioaktif volatil saat ini adalah *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS). Hasil analisis GC-MS mengindikasikan bahwa ekstrak daun waru merupakan campuran kompleks dari berbagai senyawa organik, termasuk ester, asam, eter, dan turunannya. Penelitian terdahulu melaporkan keberadaan senyawa volatil seperti N-dimethylglycine dalam daun waru. Temuan ini menegaskan potensi ekstrak daun waru untuk aplikasi dalam kemasan aktif. Namun, analisis lanjutan menggunakan *Liquid Chromatography–Mass Spectrometry* (LC-MS) diperlukan untuk mengidentifikasi kandungan fenolik secara lebih mendalam serta untuk mengevaluasi interaksi bioaktif dalam sistem biologis yang relevan (Iskandar et al., 2023). Di sinilah pendekatan *in silico* memiliki nilai strategis. Studi *in silico*, khususnya molecular docking, dapat memprediksi interaksi antara senyawa yang diidentifikasi melalui GC-MS dengan target protein, seperti enzim lipase dan protease. Sebagai contoh, penelitian oleh Sehim et al. (2023) pada *Hibiscus sabdariffa* menunjukkan bahwa kombinasi metode GC-MS dan uji *in silico* efektif mengungkap aktivitas antibakteri dan antikanker dari senyawa bioaktif dalam ekstrak.

Hingga saat ini, kajian komprehensif yang mengintegrasikan analisis GC-MS ekstrak daun waru dengan uji *in silico* terhadap enzim lipase dan protease dalam konteks aplikasi deterjen biodegradable masih sangat terbatas. Padahal, kombinasi kedua pendekatan tersebut memiliki potensi untuk menyediakan dasar ilmiah yang kuat guna mendukung pemanfaatan daun waru sebagai bahan aktif dalam formulasi deterjen ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dengan memfokuskan pada identifikasi senyawa bioaktif dari daun waru *Hibiscus tiliaceus* L., pemodelan interaksinya dengan enzim target, serta mengevaluasi implikasi biologisnya dalam pengembangan deterjen biodegradable berbasis enzim.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi senyawa bioaktif dalam ekstrak daun waru *Hibiscus tiliaceus* L. menggunakan GC-MS.
2. Menganalisis secara *in silico* interaksi senyawa terpilih terhadap enzim lipase dan enzim protease sebagai target dalam deterjen.



Metode penelitian ini melibatkan ekstraksi daun waru *Hibiscus tiliaceus* L. dengan penambahan enzim deterjen ramah lingkungan berdasarkan data identifikasi dan uji *in silico*.

Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun secara praktis. Dengan demikian, penelitian ini akan menambah khasanah ilmu

pengetahuan mengenai profil senyawa bioaktif ekstrak daun waru *Hibiscus tiliaceus* L. yang teridentifikasi melalui analisis GC-MS serta interaksi molekulernya terhadap enzim lipase dan protease berdasarkan studi *in silico*. Hasil penelitian dapat menjadi rujukan ilmiah bagi pengembangan kajian fitokimia, bioteknologi, dan aplikasi bahan alam dalam industri ramah lingkungan. Secara praktis, penelitian ini bermanfaat sebagai dasar ilmiah dalam formulasi deterjen ramah lingkungan berbasis enzim dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang mudah diperoleh, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada surfaktan sintesis yang berpotensi mencemari lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi pijakan awal bagi industri dalam mengembangkan produk pembersih yang lebih ramah lingkungan, aman bagi kesehatan kulit, serta mendukung upaya pengurangan pencemaran lingkungan akibat limbah deterjen kimia.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2024 – September 2025, sampel Waru *Hibiscus tiliaceus* L. di Lingkungan Kera-Kera, Tamalanrea Indah, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Proses ekstraksi (metode maserasi) daun waru dilakukan di Laboratorium Biokimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Analisis *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS) Shimadzu QP2010 Ultra dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP), sedangkan uji *in silico* dilaksanakan dengan bantuan perangkat lunak (seperti Pymol, PyRx, Avogadro dan Discovery Studio Visualizer) di Laboratorium Botani, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, blender, oven pengering, *rotary evaporator*, labu Erlenmeyer, gelas ukur, pipet ukur, *filter paper*, dan corong Buchner. alat *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS), serta kamera *handphone* dan laptop. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daun waru *Hibiscus tiliaceus* L., pelarut etanol 96%, aquades. Tahap *in silico* menggunakan data struktur senyawa dari basis data PubChem, serta struktur protein enzim lipase (PDB ID: 2ES4) dan protease (PDB ID: 7EOX) yang diunduh dari Protein Data Bank (PDB).

2.3 Tahapan Penelitian

2.3.1 Preparasi Sampel

Daun waru *Hibiscus tiliaceus* L. segar dipetik, dicuci bersih, kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan hingga kadar air minimal. Daun kering dihancurkan menjadi serbuk simplisia menggunakan blender.

2.3.2 Ekstraksi

Serbuk simplisia diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan etanol 96%. Sampel serbuk ditimbang, dimasukkan ke dalam wadah maserasi, ditambahkan pelarut etanol dengan perbandingan 1:10 (b/v), dan direndam dengan pengadukan sesekali. Hasil maserasi disaring, filtrat udian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga ental.



2.3.3 Analisis GC-MS

Analisis senyawa bioaktif pada ekstrak etanol daun waru *Hibiscus tiliaceus* dilakukan menggunakan alat GC-MS Shimadzu QP2010 Ultra. Sampel sebanyak 1 μ L diinjeksikan ke alat dengan kolom DB-5MS dan gas pembawa helium. Suhu oven diatur mulai dari 60°C hingga 300°C, sedangkan suhu injektor dijaga pada 250°C. Hasil analisis berupa kromatogram dan spektrum massa digunakan untuk mengidentifikasi senyawa berdasarkan waktu retensi dan kesesuaian spektrum dengan data pustaka pada NIST Library. Senyawa dengan nilai kecocokan tertinggi ditetapkan sebagai komponen utama ekstrak daun waru.

2.3.4 Studi *in Silico*

Senyawa hasil identifikasi GC-MS yang memiliki potensi bioaktif dipilih dan diunduh strukturnya dari PubChem. Senyawa kemudian dioptimasi geometri dan disimpan dalam format PDBQT. Struktur kristal enzim lipase dan protease diperoleh dari Protein Data Bank (PDB). Proses *docking* dilakukan menggunakan *Pymoll*, *PyRx*, *Avogadro* dan *Discovery Studio Visualizer* untuk memprediksi interaksi antara senyawa dan enzim. Hasil *docking* dianalisis berdasarkan nilai *binding affinity* (kcal/mol), interaksi residu asam amino, serta prediksi stabilitas ikatan.

2.3.5 Analisis Data

Data GC-MS disajikan dalam bentuk tabel senyawa, *retention time*, dan persentase area puncak. Data *docking in silico* dianalisis berdasarkan skor afinitas ikatan, jumlah interaksi, serta relevansinya terhadap mekanisme kerja enzim lipase dan protease.

