

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lautan baik perairan tropis maupun sub-tropis adalah salah satu ekosistem terkaya dan paling kompleks dengan keanekaragaman biologisnya yang menjadi sumber kekayaan alam dan kehidupan bagi manusia (Zamani et al., 2021). Laut Indonesia, khususnya memiliki beragam jenis biota laut bahkan dikenal sebagai “*Coral Triangle*” atau jantung terumbu karang karena keanekaragaman hayatinya. Lautan merupakan gudang mineral dan senyawa bioaktif yang berasal dari biota-biota laut. Lingkungan laut kaya akan keanekaragaman sumberdaya hayati dan kimia. Sibero et al (2022), menyatakan dalam mengeksplorasi pengobatan baru untuk mengobati berbagai penyakit, *Marine Natural Product* (MNP) atau produk alami laut telah menarik perhatian dunia melalui senyawa bioaktifnya yang luar biasa. Beberapa organisme laut dapat mensintesis bahan kimia yang dapat digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti farmasi, suplemen, probe molekuler dan bidang lainnya (Litaay, 2018; Karthikeyan et al., 2022; Zamani et al., 2021). Salah satu organisme laut yang unik dengan potensi senyawa bioaktif yang banyak ditemukan hidup melekat pada terumbu karang di lautan adalah dari jenis Tunikata. Berbagai jenis tunikata dapat ditemukan di habitat laut di seluruh dunia (Scarabino et al., 2018).

Tunikata adalah kelompok invertebrata laut yang merupakan bagian (Sub Filum) dari filum Chordata. Tunikata memiliki kurang lebih 3000 spesies dari 4 kelas, yaitu Ascidiacea, Sorberacea, Thaliacea dan Appendicularia (Santhanam & Ramesh, 2020; Litaay et al., 2023). Tunikata memiliki bentuk tubuh seperti tabung dan beberapa spesies menyerupai kantong serta berukuran kecil. Tubuhnya ditutupi oleh mantel (*tunic*) yang terbentuk dari protein dan polisakarida. Hewan ini merupakan jenis hewan *filter feeder* yang mendapatkan makanannya dengan cara menyaring air laut sehingga memungkinkan spesies ini juga berasosiasi dengan mikroorganisme. Tunikata dikenal juga dengan nama *sea squirts* atau *ascidian* (Lambert et al., 2016; Saputri et al., 2018).

Tunikata dalam konteks biodiversitas laut adalah kelompok organisme laut yang memainkan peran penting. Scarabino et al (2018) menyatakan bahwa tunikata memiliki penyebaran yang cukup luas, karena hewan ini memiliki kemampuan adaptasi yang cepat di lingkungan baru. Tunikata hidup secara sesil di berbagai jenis substrat, seperti terumbu karang, batu dan substrat keras lainnya. Bahkan tunikata dinilai sebagai organisme laut invasif yang memiliki kemampuan tumbuh dengan cepat (Atmaca et al., 2013; Litaay et al., 2023). Selain itu, tunikata memiliki berbagai potensi, baik dalam perannya secara ekologis di ekosistem laut maupun sebagai penghasil metabolit sekunder yang kaya akan berbagai aktivitas biologis (Ayuningrum et al., 2019; Shenkar & Swalla, 2011). Ramesh et al (2021) juga menyebutkan bahwa tunikata dikenal sebagai organisme laut penghasil senyawa bioaktif yang mampu menghasilkan lebih dari 300 senyawa alkaloid. Organisme ini dianggap sebagai sumber selulosa yang kaya. Berbagai jenis penelitian telah dilakukan untuk mengkaji distribusi, kelimpahan, keanekaragaman dan bioprospeking tunikata. Menurut Hanif et al (2019), Indonesia memiliki beragam spesies tunikata yang memiliki potensi senyawa bioaktif, namun hanya 12% yang didapatkan dari famili Stylidae. *Polycarpa aurata* adalah salah satu spesies tunikata dari

famili Stylidae dengan kelimpahan yang tinggi namun yang belum banyak diketahui potensinya (Lestari et al., 2022; Sibero et al., 2022).

Polycarpa merupakan spesies khas dengan warna tunik beragam. *Polycarpa* juga dikenal merupakan sumber senyawa bioaktif sebagai antimikroba. *Polycarpa aurata* yang diekstrak memiliki kemampuan antimikroba terhadap kelompok bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). Beberapa senyawa bioaktif yang dihasilkan antara lain polycarpine, polycarpaurie A, B, C, polucarpalthiamines A dan B, serta senyawa poliaurin A dan B yang merupakan senyawa yang sangat jarang ditemukan pada produk alami (Casertano et al., 2019; Nurfadillah et al., 2015; Pham et al., 2013; Ruli & Tapilatu, 2020). Spesies *Polycarpa aurata* mengandung senyawa peptide dan golongan alkaloid yang merupakan konstituen kimia utama (Ramesh et al., 2021). Senyawa tersebut menunjukkan sifat aktivitas biologis sebagai antibakteri, antijamur, antivirus bahkan anti kanker (Litaay, et al., 2019; Junawir et al., 2021). Penelitian lain menjelaskan senyawa polikarpin dihidroklorida yaitu alkaloid sulfida diekstraksi dari *Polycarpa* ditemukan menghambat garis sel tumor. Bahkan dari hemosit tunikata juga ditemukan sifat sitotoksik terhadap partikel asing dan berbagai garis sel (Ramesh et al., 2021; Zhu et al., 2022).

Senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh berbagai jenis tunikata, secara umum diyakini sebagai bagian dari pertahanan ekologi alam. Namun senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai pertahanan kimia tersebut ternyata telah banyak diisolasi dan memberi manfaat di berbagai bidang, khususnya sebagai sumber senyawa antibakteri, antijamur, antineoplastik, antitumor, antifouling, antioksidan dan antiinflamasi (Ayuningrum et al., 2019; Litaay et al., 2019b; Sardiani et al., 2015; Shaala & Youssef, 2015) serta salah satu bahan bioaktif yang dihasilkan tunikata memiliki aktivitas sitotoksik terhadap beberapa lini sel kanker dan digunakan untuk mengobati sarkoma jaringan lunak (Sinko et al., 2012). Zamani et al (2021) menyatakan bahwa potensi senyawa bioaktif yang diperoleh dari bahan alam, khususnya organisme laut seperti tunikata terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Eksplorasi senyawa bioaktif dari bahan alam terus dilakukan untuk mendapatkan bahan obat baru dalam mengatasi *multidrug* resisten karena penggunaan obat-obatan yang tidak tepat (penggunaan berlebihan atau kurang) serta penggunaan jenis obat yang sama secara terus menerus seperti antibiotik (Casertano et al., 2019; Habibi et al, 2022).

Senyawa antibiotik adalah zat kimia yang dapat memperlambat pertumbuhan bahkan membunuh bakteri patogen, sedangkan toksisitasnya bagi manusia relatif kecil. Antibiotik digunakan sebagai obat untuk menanggulangi berbagai penyakit infeksi (Pratiwi, 2017; Zamani et al., 2021). Namun, WHO (2014) mengungkapkan bahwa resistensi terhadap antibiotik telah menjadi masalah serius diseluruh dunia akibat munculnya bakteri patogen yang kebal terhadap antibiotik yang tersedia. Resistensi bakteri patogen ini menjadi masalah kesehatan global (CDC, 2019). Resistensi bakteri terhadap senyawa antibiotik mengakibatkan berkurangnya efektivitas penyembuhan dan membuat bakteri semakin kebal dan berdampak pada perawatan yang sulit dan mahal (Rukmini et al., 2019; Sukertiasih et al., 2021). Oleh karena itu, penting untuk mencari sumber lain dari senyawa bioaktif baru. Penggunaan senyawa bioaktif dari bahan alam sebagai sumber antibiotik diharapkan dapat mengurangi tingkat resistensi bakteri patogen, serta mengurangi efek samping yang ditimbulkan. Selain itu, dalam

pengembangan obat, seperti antibiotik sangat penting untuk mengevaluasi dan melakukan penyaringan awal untuk mengetahui efektivitas dan potensi resiko toksisitas dari kandidat obat sedini mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan *molecular docking* seperti metode *in silico* (Martínez et al., 2018).

Metode *in silico* adalah metode baru dan menarik serta menjanjikan dalam mengidentifikasi senyawa bioaktif. Metode ini merupakan penelitian dengan pendekatan bioinformatika berbasis komputasi. Dengan menggunakan metode *in silico* dapat diketahui mekanisme dan interaksi antara senyawa bioaktif dengan protein target. Uji *in silico* memiliki peran penting untuk menemukan dan mengoptimasi senyawa bioaktif. Metode ini digunakan untuk mengetahui target dengan *molecular docking* (Kusumawati et al., 2021; Malikhana et al., 2021). Penelitian terkait senyawa bioaktif tunikata mulai dilakukan namun belum ada penelitian yang melakukan uji *in-silico* sebagai pendekatan bioinformatika terhadap senyawa-senyawa bioaktif tersebut. Berdasarkan uraian tersebut, maka telah dilakukanlah penelitian untuk mengetahui potensi dan senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh tunikata *Polycarpa aurata* dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen secara *in vitro* dan *in silico* sebagai upaya dalam menemukan sumber antibiotika baru.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana potensi senyawa bioaktif tunikata *Polycarpa aurata* dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen?
2. Bagaimana profil senyawa bioaktif *Polycarpa aurata* menggunakan GC-MS dan FT-IR?
3. Bagaimana karakteristik dan efektivitas senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh tunikata *Polycarpa aurata* melalui pendekatan bioinformatika?

1.3 Tujuan Penelitian

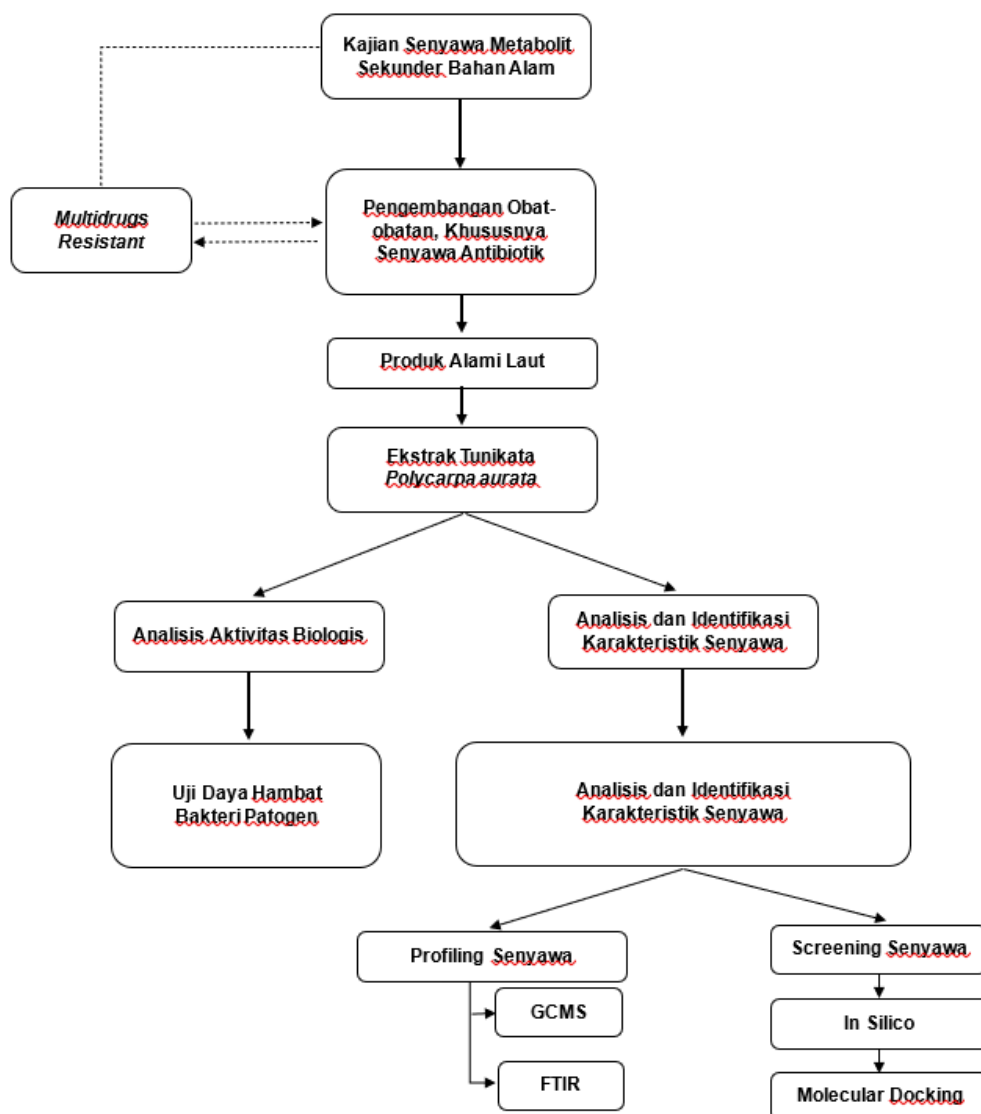
Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis potensi senyawa bioaktif tunikata *Polycarpa aurata* dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen.
2. Menganalisis profil senyawa bioaktif *Polycarpa aurata* menggunakan GC-MS dan FT-IR.
3. Menganalisis karakteristik dan efektivitas senyawa bioaktif dari tunikata *Polycarpa aurata* melalui pendekatan bioinformatika.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan informasi mengenai potensi dan karakteristik senyawa bioaktif yang diperoleh dari bahan alam yaitu biota laut tunikata *Polycarpa aurata* dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan sebagai kandidat senyawa antibiotik baru. Sehingga diharapkan kedepannya dapat digunakan sebagai acuan untuk pemanfaatan eksplorasi senyawa bioaktif dari bahan alam dalam penemuan-penemuan jenis antibiotik baru.

1.5 Kerangka Berpikir



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi potensi senyawa bioaktif tunikata *Polycarpa aurata* dengan pendekatan penelitian campuran yaitu kualitatif yang melibatkan analisis naratif dan kuantitatif mengenai perhitungan diameter hambatan serta pendekatan bioinformatika menggunakan metode *in-silico*.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli - Oktober 2024. Pengambilan sampel dilakukan di Pulau Barranglompo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Ekstraksi sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Lingkungan dan Kelautan Departemen Biologi, pengujian sampel akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Terpadu Departemen Kimia dan Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, serta Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

2.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini untuk pengujian in-vitro adalah alat selam, coolbox, *water quality checker*, wadah kaca, wadah plastik, botol reagen kaca coklat, mesh, cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, corong kaca, jarum ose bulat, pisau, cawan porselen, plat tetes, rak tabung reaksi, batang pengaduk, pipet tetes, spoit, sendok tanduk, bunsen, korek api, nampan, *grinder blending mill*, *Rotatory Evaporator*, mikropipet (Thermo), otoklaaf (American), oven (Hereaus), hot plate (Cole permer), inkubator (Hereaus), LAF (Laminar Air Flow), kulkas (Panasonic), shaker (SK 300), vortex (ZX 3), *Spektrometer Fourier Transform Infrared* (Shimadzu), *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (Shimadzu), sentrifuse dingin dan timbangan digital (CHQ). Pada uji *in silico* digunakan peralatan antara lain laptop dan perangkat lunak yaitu PyMol, MarvinSketch, PyRx, Discovery Studio Visualizer, BioEdit, MEGA 11 (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*), website *Protein Data Bank* (PDB) dan PubChem serta NCBI (*National Center for Biotechnology Information*).

2.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstrak tunikata *P. aurata*, isolat bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypi*, metanol PA, n-heksan PA, DMSO, Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB), Mueller Hinton Agar (MHA), akuades, spiritus, *blankdisk*, ciprofloxasin, kertas saring, cling wrap, aluminium foil, kasa, kapas, alkohol.

2.5 Metode Penelitian

2.5.1 Pengambilan Sampel

Tunikata *P. aurata* diambil sebanyak 2 kg dari perairan Pulau Barranglompo, Makassar, Sulawesi Selatan pada kedalaman 2-10 m dengan bantuan *scuba diving*.

Sampel disimpan di dalam cool box dan dibawa ke laboratorium untuk dibersihkan dan menghilangkan organisme pengotor, kemudian di bilas dengan air mengalir sebelum dibersihkan dengan akuades. Sampel kemudian dikeringkan di udara dilanjutkan dengan pengeringan oven dengan suhu 40°C untuk dilanjutkan ke proses ekstraksi. Proses ekstraksi dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Lingkungan dan Kelautan Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

2.5.2 Sterilisasi Alat

Semua alat yang akan digunakan pada penelitian ini disterilkan terlebih dahulu. Alat yang terbuat dari bahan kaca disterilkan dengan teknik sterilisasi panas kering menggunakan oven pada suhu 180°C selama 2 jam. Adapun untuk alat yang terbuat dari logam disterilkan dengan cara dicuci menggunakan alkohol serta dipijarkan diatas api bunsen. Adapun sterilisasi media dan akuades dilakukan dengan teknik sterilisasi basah yaitu menggunakan autoklaf. Sterilisasi ini dilakukan selama 15 menit menggunakan temperatur 121°C dengan tekanan 2 atm.

2.5.3 Pembuatan Media

Pembuatan media *nutrient broth* (NB). Pembuatan media NB dimulai dengan ditimbang sebanyak 0.8 gram medium NB dan dilarutkan ke dalam 100 mL akuades kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk hingga homogen. Selanjutnya, medium disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm.

Pembuatan media *nutrient agar* (NA). Pembuatan media NA dimulai dengan ditimbang sebanyak 2 gram medium NA dan dilarutkan ke dalam 100 mL akuades kemudian dipanaskan menggunakan hot plate hingga homogen. Selanjutnya, medium disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm.

Pembuatan media *mueller hinton agar* (MHA). Pembuatan media MHA dimulai dengan ditimbang sebanyak 3,4 gram medium MHA dan dilarutkan ke dalam 100 mL akuades kemudian dipanaskan menggunakan hot plate hingga homogen. Selanjutnya, medium disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm.

2.5.4 Peremajaan dan Pembuatan Stok Bakteri Uji

Proses peremajaan dan pembuatan stok bakteri uji dilakukan dengan terlebih dahulu membuat media agar miring menggunakan tabung reaksi. Stok bakteri uji yang tersedia diinokulasikan ke media baru menggunakan ose bulat kemudian diinkubasi selama 1 x 24 jam dan selanjutnya disimpan sebagai stok didalam kulkas untuk pengujian berikutnya.

2.5.5 Isolasi dan Ekstraksi Senyawa Bioaktif

Polycarpa aurata yang telah dikeringkan selanjutnya dihaluskan hingga menjadi serbuk (tepung). Ekstraksi senyawa bioaktif dilakukan dengan metode maserasi

bertingkat. Serbuk tunikata (simplisia) masing-masing direndam dalam pelarut metanol dan n-heksan dengan komposisi perbandingan 1:3 yaitu 200 g serbuk dan 600 ml pelarut. Rendaman ini dibiarkan selama 24 jam (Litaay, et al., 2019a; Litaay, et al., 2019b). Proses maserasi diulang sebanyak tiga kali, ketiga bagian cairan digabungkan dan diuapkan menggunakan *rotary evaporator* untuk mendapatkan ekstrak kental. Pengukuran % rendemen ekstrak *P. aurata* dilakukan dengan menggunakan rumus rendemen (Manoppo et al., 2019):

$$\text{Rendemen ekstrak (\%)} = \frac{\text{berat ekstrak pekat (g)}}{\text{berat sampel awal (g)}} \times 100\%$$

2.5.6 Uji Aktivitas Antibakteri secara In Vitro

Ekstrak kental tunikata *P. aurata* dibuat dengan konsentrasi 15%, 20% dan 25%. Pengujian antibakteri dilakukan dengan metode *diffusion disk* (Litaay, et al., 2019), yaitu metode yang dilakukan dengan meletakkan *paper disk* berisi ekstrak sampel dan larutan kontrol positif berupa ciprofloxacin diatas media padat agar yang masing-masing telah diberi suspensi bakteri uji *S. aureus* dan *S. thypi*. Selanjutnya media tersebut diinkubasi selama 1x24 jam untuk mengetahui daya antibakteri yang dihitung berdasarkan diameter zona bening yang terbentuk.

2.5.7 Identifikasi Senyawa Metabolit dan Golongan Senyawa

Ekstrak tunikata *Polycarpa aurata* yang diperoleh dianalisis kandungan senyawa metabolit sekundernya dengan analisis kromatografi GC-MS dan FT-IR (Junia Ningsih & Sawiya, 2023; Nautiyal & Dubey, 2021).

Analisis FT-IR (Fourier Transform Infra Red). Hasil ekstrak kental metanol dan n-heksana dari sampel tunikata diletakkan pada cawan petri untuk dikeringkan dalam oven. Sampel dibuat dengan menumbuk 1 mg sampel dengan 100 mg KBr secara homogen kemudian ditekan dalam cetakan hingga diperoleh pelet KBr. Pengukuran serapan infra merah pada EPS kering dianalisa pada frekuensi 4000-450 cm⁻¹ dan dianalisa dengan bilangan gelombang yang diukur untuk menentukan gugus fungsi. Data yang didapatkan melalui uji FTIR berupa data kualitatif berupa keberadaan gugus fungsi dan jenis ikatan tertentu pada bilangan gelombang tertentu. Sedangkan data kuantitatif berupa absorbansi gugus fungsi yang terdeteksi.

Analisis GC-MS (Gas Chromatography and Mass Spectrometry). Hasil ekstrak tunikata dimasukkan ke dalam wadah. Analisis GC-MS ekstrak metanol dan n-heksan kental dilakukan menggunakan Operating GC-MS Ultra QP 2010 Shimadzu. Seratus mikroliter ekstrak metanol dan n-heksan disuntikkan ke dalam kolom kromatografi. Suhu injektor 250°C dengan metode Splitless, tekanan 76,9 kPa dan laju alir 14mL/min dengan rasio 1:10. Suhu sumber ion dan interface 200°C dan 280°C, waktu *solvent cut* 3 menit, 400-700 m/z. Jenis kolom SH-Rxi-5Sil MS panjang kolom 30m dengan suhu dinaikkan hingga 200°C dengan laju 100 °C/min dan suhu akhir 280°C dengan waktu tahan 9 menit dengan laju 50 °C/min. Data kromatogram yang diperoleh dibaca dengan menggunakan library NIST 17 dan Wiley 19 (Sivarajan et al., 2019). Proses identifikasi menggunakan

alat GC-MS menghasilkan beberapa senyawa-senyawa bioaktif dapat dilihat dari puncak kromatogram sebagai identifikasi data hasil kromatografi dan spektrometri massa (MS) dilihat dari spektrum massa dengan masing-masing berat molekul senyawa bioaktif.

2.5.8 Pendekatan Bioinformatika dengan *Molecular Docking*

Preparasi Protein Target. Protein target yang digunakan ialah *S. aureus* sortase-A (PDB ID: 1T2P) (Kakkassery et al., 2021). Fungsi enzim ini adalah untuk menyortir protein ke dalam kompartemen dinding sel bakteri Gram positif. Sedangkan, protein target yang digunakan untuk *S. thypi* ialah DNA gyrase A (PDB ID: 5ZTJ) (Nazeer et al., 2024b). Enzim di download struktur 3D-nya pada website Protein Data Bank (rcsb.org) dengan memasukkan kode 1T2P dan 5ZTJ. Struktur 3D enzim dipreparasi dengan menambahkan atom hidrogen dan muatan serta dioptimasi menggunakan AM1-BCC pada menu “dockprep” pada program Chimera dan disimpan dalam format file .pdb.

Preparasi Ligan. Hasil ekstrak Jenis senyawa kimia yang dihasilkan tunikata *Polycarpa aurata* yang berpotensi sebagai antibiotik diidentifikasi dan dibandingkan dengan literatur yang ada. ID SMILES ligan yang diambil dari database pubchem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>). Kemudian dilakukan pemilihan ligan. Terdapat 3 senyawa pada ekstrak metanol *P. aurata* yang dipilih untuk dilanjutkan analisis *molecular docking* dengan ciprofloxacin sebagai kontrol positif. Ketiga senyawa merupakan senyawa dengan %area terbesar yang terdapat pada sampel dan menunjukkan indeks similaritas yang tinggi menandakan bahwa senyawa tersebut telah sesuai. Ketiga senyawa didownload struktur 3D-nya pada database Pubchem dengan memasukkan masing-masing ID. Seluruh ligan kemudian dioptimasi dengan cara yang sama dengan preparasi protein target.

Proses Docking dan Visualisasi Hasil Molecular Docking. Analisis penambatan molekul (*molecular docking*) dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoDock4 dengan bantuan AutoDockTools (Morris et al., 2009). Penambatan molekul dimulai dengan senyawa ciprofloxacin dan dilakukan dengan metode *blind docking* untuk mengetahui koordinat sisi aktif dari enzim. Untuk memvalidasi hasil *blind docking*, maka dibandingkan dengan referensi. Penentuan titik koordinat pada grid box didapatkan dari koordinat ligan native dari file reseptor. Proses *docking* antara ligan uji, ligan native (ligan kontrol) dan reseptor dilakukan menggunakan perangkat lunak PyRx 0.8 untuk mereaksikan senyawa yang dihasilkan oleh tunikata dengan senyawa protein target (Husain & Wardhani, 2021). Setelah diperoleh konformasi yang terbaik dan berada pada sisi aktif enzim, maka dilakukan *molecular docking* pada koordinat tersebut untuk seluruh ligan. Ukuran grid box yang digunakan adalah 40 x 40 x 40 Å. *Molecular docking* diatur untuk menghasilkan 10 konformasi menggunakan algoritma Lamarckian Genetic Algorithm (Morris et al., 1998) dan divisualisasi menggunakan Discovery Studio Visualizer (Biovia, 2019).

2.5.9 Analisis Data

Uji aktivitas bakteri disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data hasil pengujian GC-MS dianalisis dengan aplikasi GC-MS *Data Analysis Service*. Hasil pengukuran FT-IR dianalisis menggunakan kemometrik dengan metode LDA (*Linear Discriminant Analysis*). Untuk uji *in silico* melalui aplikasi Way2Drugs PASS untuk analisis nilai PA dan aktivitas biologis senyawa.