

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Makroalga

Makroalga pada umumnya dapat ditemui pada daerah intertidal (payau) dengan cahaya matahari yang cukup. Tanaman ini melekat pada substrat di daerah *photic* atau bentik di dalam laut. Makroalga dapat disebut dengan tanaman primitif, hal ini dikarenakan rumput laut memiliki ciri tidak berdaun, tidak memiliki batang, dan akar yang sejati. *Thallus* pada alga berbentuk filamen, lapisan daun yang tipis disebut dengan *giant kelp*. Selain itu, bagian-bagian dari tanaman tersebut yaitu holdfast yang menyerupai akar, stipe adalah bagian batang, dan blade adalah bagian dari rumput laut (Khasanah, *et al*, 2018).

Rumput laut termasuk ke dalam filum Thallophyta yang termasuk tanaman uniseluler (bersel satu). Berdasarkan pigmentasi rumput laut terbagi menjadi lima kelas yaitu *Cynophyta* (alga biru), *Cholorophyta* (alga hijau), *Chrysophyta* (alga keemasan), *Phaeophyta* (alga coklat), dan *Rhodophyta* (alga merah (Nikmah, 2019)).

#### 2.2 Makroalga Cokelat

Makroalga coklat merupakan salah satu jenis makroalga dengan pigmentasi berwarna coklat dikarenakan terdapat pigmen xantofil didalamnya. Pigmen yang terdapat pada makroalga berfungsi untuk bertahan hidup didalam laut dengan intensitas matahari yang minim. Makroalga coklat memiliki ukuran terbesar jika dibandingkan dengan jenis makroalga yang lain (Firdaus, 2019).

Makroalga coklat adalah sumber daya yang dapat tumbuh didataran terumbu karang. Menurut Manteu, *et al* (2018) makroalga coklat jenis *Padina minor* memiliki kandungan air 22,31%, abu 30,53%, lemak 0,52%, protein 4,78%, karbohidrat 41,88%, dan serat kasar 3,81%. Selain itu, rumput laut *P. minor* memiliki kandungan senyawa saponin, flavonoid, triterpenoid, fenol, steroid, dan alkaloid.

*P. minor* merupakan salah satu jenis rumput laut yang berasal dari kelas rumput laut cokelat yang memiliki *thallus* berbentuk lembaran dengan ujung membulat dan dapat mengalami penebalan. Tanaman ini memiliki pigmen warna dan pigmen fotosintetik diantaranya yaitu karoten, fukosantin, dan klorofil-a serta klorofil-b. Cadangan makanan *Padina* sp. berupa laminar (beta, 1.3 ikatan glukuan) yang dihasil dari proses fotosintesis (Husni dan Budhiyanti, 2021).

Berikut merupakan taksonomi dari genus *Padina* (Subagio dan Kasim, 2019; Amaliyah, 2015).

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Phaeophyta</i>
Kelas	: <i>Phaeophyceae</i>
Ordo	: <i>Dictyotales</i>
Famili	: <i>Dictyotaceae</i>
Genus	: <i>Padina</i>
Spesies	: <i>Padina minor</i> Yamada, <i>Padina australis</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Padina tetrastomatica</i> , <i>Padina pavonica</i> .



Gambar 2. 1 Makroalga *Padina minor* (Kamisyah, *et al*, 2020)

### 2.3 Metabolit Sekunder

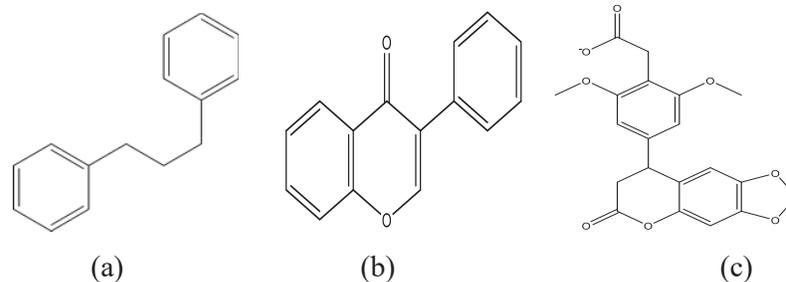
Metabolit sekunder merupakan jalur metabolisme tertentu yang melibatkan senyawa-senyawa organik secara spesifik dan keberadaannya sangat terbatas. Metabolit sekunder dapat dijumpai pada organisme tertentu dengan strain (galur) yang spesifik dan hanya diproduksi pada kondisi tertentu (Dewick, 1999). Metabolit sekunder telah diidentifikasi lebih dari 100.000 yang digolongkan ke dalam senyawa tanpa atom nitrogen dan senyawa yang mengandung nitrogen. Senyawa tanpa atom nitrogen misalnya terpen, saponin, poliketida, poliasetilen dan

lain-lain, sedangkan senyawa yang mengandung nitrogen misalnya alkaloid, amina, asam amino non protein, glikosida, protein/ enzim tertentu, dan lain-lain (Wink,1999).

Metabolit sekunder yang bersumber dari biota laut yang memiliki potensi sebagai antivirus, antibakteri, antiinflamasi, dan antioksidan. Organisme laut dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang dimanfaatkan dalam bidang farmasi (Evi, 2013). Salah satu biota laut yang dapat menghasilkan metabolit sekunder adalah rumput laut *P. minor* Berikut beberapa senyawa metabolit sekunder yang memiliki potensi sebagai antibakteri

a. Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa kimia yang termasuk kedalam golongan fenol. Flavonoid dialam sangat melimpah dikarenakan pada struktur flavonoid memiliki beragam tingkatan hidroksilasi, alkoksilasi ataupun glikosilasi. Flavonoid memilik 15 atom karbon dengan kerangka  $C_6-C_3-C_6$  dan terbagi atas tiga jenis struktur yaitu 1,3-diarilpropan atau flavonoid, 1,2- diarlilpropan atau isoflavonoid dan 1,1-diarilpropan atau neoflavonoid (Gambar 2.2) (Kristanti, *et al*, 2008). Rumput laut hijau jenis *Caulerpa* memiliki kandungan senyawa flavonoid yang dapat berperan sebagai antibakteri (Ruslan, *et al*, 2021).

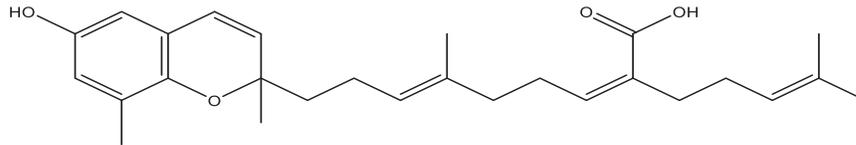


Gambar 2. 2 Struktur (a) Flavonoid (b) Isoflavonoid (c) Neoflavonoid

b. Terpenoid

Terpenoid merupakan senyawa yang mengandung metabolit sekunder terbesar yang dapat terlihat pada jumlah senyawa ataupun variasi dari kerangka dasar struktur. Terpenoid tersusun atas atom karbon dengan kelipatan 5 yang dibangun oleh dua atau lebih unit  $C_5$  atau yang disebut dengan unit isoprene

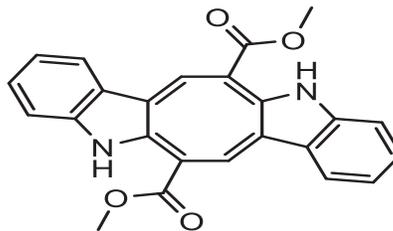
(Kristanti, *et al*, 2008). Terpenoid memiliki aktivitas antibakteri yang cukup baik, salah satunya yang berasal dari rumput laut cokelat jenis *Sargassum sp.* yang mengandung senyawa Sargachromenol (Gambar 2.3) (Sarawati, *et al*, 2019).



Gambar 2. 3 Sargachromenol (Sarawati, *et al*, 2019)

c. Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa organik yang dapat dijumpai melimpah di alam. Senyawa alkaloid memiliki ciri khas yaitu mengandung paling sedikit satu atom N atau basa nitrogen. Beberapa senyawa alkaloid bersifat sebagai penolak serangga dan antibakteri (Robinson, 1995). Terdapat senyawa alkaloid yang bersifat racun, akan tetapi beberapa senyawa alkaloid digunakan dalam pengobatan karena memiliki efek fisiologis maupun psikologis, misalnya morfin, kuinin, striknin (Achmad, 1986). *Caulerpin* (Gambar 2.4) merupakan senyawa golongan alkaloid yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri. *Caulerpin* dapat dijumpai pada rumput laut hijau jenis *Caulerpa prolifera* (Maximo, *et al*, 2018)



Gambar 2. 4 Caulerpin (Maximo, *et al*, 2018)

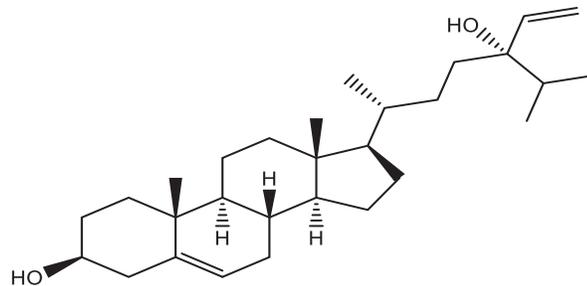
d. Saponin

Saponin merupakan senyawa kimia yang memiliki 17 atom karbon pada strukturnya. Saponin dapat menimbulkan busa apabila dikocok dengan konsentrasi rendah dapat menyebabkan hemolisis sel darah merah. Saponin termasuk senyawa glikosidan kompleks dimana kerangka dasar dari saponin terhubung dengan struktur gugus glukosa dan triterpenoid (Kristanti, *et al*, 2008). Saponin dapat berperan sebagai antibakteri dengan cara mendenaturasi protein dan berdifusi melalui membrane sitoplasma yang dapat menyebabkan sitoplasma bocor

dan keluar dari sel sehingga menyebabkan kematian pada sel bakteri tersebut (Sudarmi, *et al*, 2017).

e. Steroid

Steroid merupakan salah satu jenis senyawa kimia bahan alam yang terdiri atas 17 atom karbon yang terdapat pada strukturnya dan membentuk struktur dasar 1,2-siklopentenoperhidrofenantren. Apabila dilihat dari struktur perbedaan antara berbagai kelompok ditentukan oleh jenis substituen  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  yang terikat pada struktur dasar (Kristanti, *et al*, 2008). Steroid dapat berperan sebagai antibakteri dengan cara merusak membran lipid sehingga liposom mengalami kerusakan (Sudarmi, *et al*, 2017). Salah satu senyawa steroid yang dapat berperan sebagai anti bakteri yaitu (24S)- Saringosterol (Gambar 2.5) yang berasal dari rumput laut jenis *Sargassum fusiforme* (Maximo, *et al*, 2018).



Gambar 2. 5 (24S)- Saringosterol (Maximo, *et al*, 2018)

## 2.4 Bakteri

Bakteri atau mikroorganisme merupakan makhluk hidup yang memiliki sel satu dan berukuran sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Bakteri dapat menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada manusia. Akan tetapi, tidak semua bakteri memiliki sifat yang merugikan, sebab terdapat jenis bakteri tertentu yang memiliki sifat menguntungkan (Irianto, 2014).

Bakteri memiliki bentuk dasar beragam diantaranya kokus (bulat), basil (silinder), dan spiral (melingkar atau melengkung) (Volk dan Wheeler, 1988).

- a. Kokus (bulat), pada umumnya berbentuk bulat seperti buah beri. Sebagian kokus hidup sendirian dan Sebagian yang lain berpasangan membentuk kubus

atau rantai panjang. Kokus hidup dengan cara membelah diri yang selanjutnya akan menempel antar satu dengan yang lain setelah pembelahan.

- b. Basil (silender), pada umumnya berbentuk mirip batang atau silinder. Basil membelah dalam satu bidang yang sama sehingga basil dikatakan sebagai organisme bersel satu, berpasangan, membentuk rantai pendek ataupun panjang.
- c. Spiral (melingkar atau melengkung), memiliki bentuk menyerupai koma atau berbentuk S yang disebut dengan vibrio. Membentuk seperti spiroseta (lilitan) yang berbentuk seperti pembuka gabus disebut dengan spiril.

Secara garis besar, bakteri digolongkan menjadi 2 yaitu gram positif dan gram negatif. Bakteri gram positif memiliki tebal dinding sel berkisar 20-80 nm yang terdiri dari 60-100% peptidoglikan. Sedangkan bakteri gram negatif memiliki tebal dinding sel berkisar 10-20 nm. Bakteri gram negatif mengandung 10-20% peptidoglikan yang terdapat pada lapisan terluar dan protein, lipopolisakarida dan lipoprotein pada lapisan kedua (Volk dan Wheeler, 1988; Fardiaz, 1992).

#### 2.4.1 Bakteri *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif yang tergolong pada kokus, karena memiliki bentuk bulat seperti buah beri (Volk dan Wheeler, 1988). *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh pada suhu optimum 37°C, berbentuk bulat, bertekstur halus, berkilau, dan menghasilkan warna pada koloni ketika pembiakan yaitu berwarna abu-abu hingga keemasan (Todar, 2008).



Gambar 2. 6 Bakteri *Staphylococcus aureus* (Karimela, *et al*, 2017)

Adapun klasifikasi pada bakteri *S. aureus* sebagai berikut (Jawetz, *et al*, 2001):

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Firmicutes</i>
Kelas	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Famili	: <i>Staphylococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>

*S. aureus* memiliki bentuk bulat dengan kisaran diameter 0,5- 1,5 $\mu$ m. Bakteri jenis ini dapat hidup secara aerobik ataupun secara anaerobik fakutatif, tidak membentuk spora dan memiliki sifat nonmotil (Yasni, 2013). *S. aureus* dapat dijumpai pada hidung dan kulit manusia sebagai normal flora. Bakteri ini bersifat sangat patogen yang dapat menyebabkan infeksi pada manusia misalnya, infeksi radang paru-paru, dan infeksi pada kulit (Sasongko,2008).

#### **2.4.2 Bakteri *Escherichia coli***

*Escherichia coli* merupakan jenis bakteri gram negatif dan flora normal pada manusia yang terdapat pada sistem pencernaan. Bakteri ini dapat memproduksi enteroksin sehingga dapat menyebabkan diare. Hal ini dikarenakan enterotoksin secara tidak langsung akan menyebabkan kehilangan cairan pada tubuh (Volk dan Wheeler, 1988). Berikut merupakan klasifikasi bakteri *E. coli*.

Kingdom	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gamma Protobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Famili	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 2. 7 Bakteri *Escherichia coli* (Martani, 2020)

*E. coli* termasuk kedalam kelompok fekal yang biasanya diisolasi dari kotoran manusia. *E. coli* memiliki panjang 2,0-6,0  $\mu\text{m}$  dan lebar 1,1-1,5  $\mu\text{m}$ , memiliki sifat motil atau nonmotile dengan flagella peritrikat yang bersifat fakultatif anaerobik. Pertumbuhan bakteri jenis ini berada pada kisaran suhu 10- 40°C dengan suhu optimum 37°C. *E. coli* dapat menyebabkan diare dikarenakan bakteri ini mengandung enterotoksin serta faktor virus yang lain. Selain itu, *Escherichia coli* merupakan faktor utama penyebab infeksi pada saluran kemih dan nosocomial, septimia dan meningitis (Yasni, 2013).

## 2.5 Spektroskopi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode pengukuran yang menggunakan sinar inframerah sebagai sumber energi yang diukur menggunakan alat spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi dari molekul kemudian mendeteksi struktur suatu senyawa kimia yang terdapat pada sampel. Prinsip kerja *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) yaitu penyerapan radiasi elektromagnetik oleh gugus tertentu sehingga dapat menghasilkan spektrum serapan. Apabila sinar inframerah dilewatkan melalui suatu cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi akan diserap dan frekuensi yang lain akan diteruskan (Harjono, 1990).

Daerah radiasi infra merah berada pada kisaran bilangan gelombang 1288-10  $\text{cm}^{-1}$  atau panjang gelombang 0,78-1000. Secara umum, daerah radiasi pada infra merah terbagi menjadi 3 daerah yaitu inframerah jauh (200-10  $\text{cm}^{-1}$ ), daerah infra merah tengah (4000-200  $\text{cm}^{-1}$ ) dan inframerah dekat (12800-4000  $\text{cm}^{-1}$ ). Daerah inframerah tengah banyak digunakan karena semua molekul memiliki absorbansi

khas dan vibrasi molekul utama. Spektrofotometer inframerah tengah adalah suatu metode yang berdasarkan pada interaksi antara radiasi inframerah dengan sampel. (Davis dan Mauer, 2010).

Daerah spektrum inframerah terbagi menjadi dua bagian yaitu daerah frekuensi gugus fungsional dan daerah sidik jari (*fingerprint*). Daerah frekuensi gugus fungsional berada pada rentang radiasi  $4000-1400\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan terjadinya absorpsi karena ikatan dan gugus dengan mudah teridentifikasi karena berasal dari gugus fungsi yang khas. Sedangkan daerah sidik jari (*fingerprint*) berada pada kisaran  $140-400\text{ cm}^{-1}$  dimana pita-pita absorpsi pada daerah sidik jari berhubungan dengan vibrasi suatu molekul secara keseluruhan (Davis dan Maure, 2010).

## 2.6 Spektroskopi GC-MS

Kromatografi gas merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk memisahkan dan mendeteksi suatu senyawa-senyawa yang bersifat mudah menguap dalam campuran. GC-MS memiliki prinsip pemisahan yang berdasarkan pada solut-solut yang bersifat mudah menguap (volatil) bermigrasi melalui kolom yang mengandung fasa diam dengan suatu kecepatan yang bergantung pada rasio distribusinya (Rollando, 2019).

GC-MS merupakan salah satu jenis spektroskopi yang digunakan untuk menentukan massa dan berat molekul pada suatu senyawa. Informasi terkait struktur dari senyawa dapat dilakukan dengan mengukur massa dari fragmen-fragmen yang terbentuk pada saat molekul tersebut mengalami pemecahan. Ketika molekul organik ditabrak dengan elektron yang memiliki energi yang tinggi sehingga menyebabkan terbentuknya suatu ion molekul. Ion molekul yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan pecah menjadi fragmen tertentu baik dalam bentuk radikal bebas ataupun berbentuk ion. Fragmen dengan muatan positif akan terdeteksi dalam bentuk spektra massa, spektra massa adalah alur kelimpahan (jumlah relatif fragmen bermuatan positif berlainan) dengan massa ( $m/e$  atau  $m/z$ ) dari fragmen (Rollando, 2019).