

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

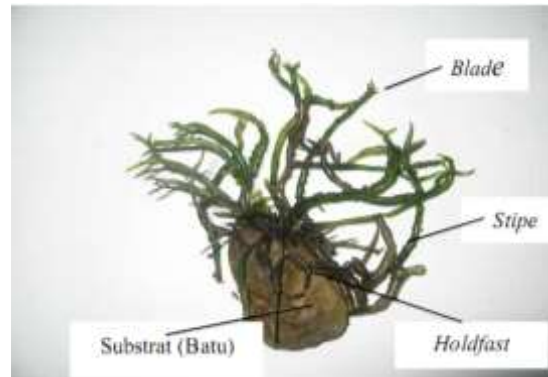
2.1 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Makroalga

2.1.1.1 Tinjauan Umum Makroalga

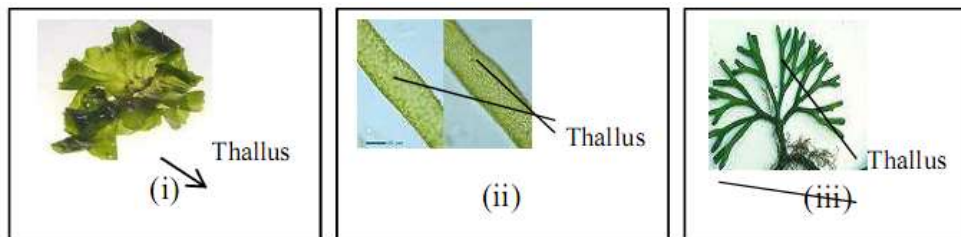
Makroalga merupakan istilah umum untuk organisme tumbuhan yang hidup di laut (Adams *et al.*, 2021). Makroalga merupakan salah satu biota laut yang menyerupai tumbuhan, karena dibagian tubuhnya terlihat seperti akar, batang, dan daun pada tumbuhan (Ahmad *et al.*, 2021). Makroalga merupakan sumber daya yang bernilai ekonomis karena dapat dimanfaatkan dalam bentuk pangan dan obat (Dwimayasanti & Kurnianto, 2018). Makroalga merupakan tumbuhan tingkat rendah yang berukuran makroskopik (Ahsaniyah *et al.*, 2021). Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan Makroalga merupakan tumbuhan yang tidak dapat dibedakan pada bagian daun, batang, dan akar, namun Makroalga memiliki struktur tubuh seperti *thallus*.

Makroalga merupakan bentuk dari tanaman primitif yang tidak mempunyai daun, batang, dan akar. Secara umum, karakteristik Makroalga mempunyai struktur tubuh yang disebut *thallus* berupa lapisan daun yang tipis. Tumbuhan tingkat rendah yang hidup di laut disebut Makroalga atau *seaweed*. *Seaweed* merupakan Makroalga berupa tumbuhan *thallus*. Bagian yang menyerupai akar yaitu *holdfast* berfungsi untuk menempel pada substrat, bagian yang menyerupai batang yaitu *stipe*, dan bagian yang menyerupai daun yaitu *blade*. Makroalga menyerap nutrisi berupa fosfor dan nitrogen dari lingkungan sekitar sehingga *seaweed* dijadikan sebagai bioindikator. Makroalga dibagi menjadi tiga divisi yaitu Rhodophyta disebut alga merah, Chlorophyta disebut alga hijau, dan Phaeophyta disebut alga cokelat. Morfologi Makroalga dapat dilihat pada gambar 2.1 dimana pada gambar tersebut morfologi Makroalga digambarkan dalam bentuk asli yang menunjukkan bagian *blade*, *stipe*, dan *holdfast*.



Gambar 2. 1 Morfologi Makroalga (*Gracilaria edulis*)
Morfologi Makroalga terdiri dari *blade*, *stipe*, *holdfast*, substrat.
Sumber: (Mornaten, 2019)m

Makroalga memiliki 3 macam pigmen fotosintetik yang terdapat dalam plastida yaitu *klorofil*, *karotenoid*, dan *fikobilin*. Kemudian, Makroalga memiliki pigmen lain yaitu *fikosantin* (warna coklat), *fikoeritrin* (warna merah), *xantofil* (warna kuning), dan *fikosianin* (warna biru). *Thallus* Makroalga berbentuk lembaran, tabung, dan silinder dapat dilihat pada gambar 2.2 dimana pada gambar tersebut *thallus* Makroalga digambarkan dalam bentuk asli.



Gambar 2. 2 Bentuk *Thallus* pada Makroalga
Terdiri dari : (i) bentuk lembaran pada *ulva lactuca*, (ii) bentuk tabung pada *vaucheria*, (iii) bentuk silinder pada *codium*
Sumber : (Mornaten, 2019)

2.1.1.2 Klasifikasi Makroalga

1) Divisi Rhodophyta

Rhodophyta merupakan alga merah dan dikenal dengan rumput laut berwarna merah yang terdiri dari satu kelas yaitu Rhodophyceae. Warna merah pada alga disebabkan oleh kandungan fikoeritrin yang dominan antara lain klorofil, karotenoid,

dan fikosianin (Ramdan & Nuraeni, 2021). Struktur morfologi Rhodophyta terdiri dari bentuk filamen, bercabang, berbentuk bulu, dan seperti lembaran. Habitat Rhodophyta sebagian besar di laut dan menempel pada karang. Rhodophyta merupakan alga yang mengandung pigmen fikobilin dan fikoeritin yang berfungsi untuk menyerap warna energi dalam proses fotosintesis. Rhodophyta tidak memiliki sel flagella, dan menyimpan cadangan makanan berupa pati (Oryza *et al.*, 2017). Cuaca mempengaruhi ukuran Rhodophyta dikarenakan pada cuaca yang dingin Rhodophyta akan berukuran besar, sedangkan pada cuaca tropis Rhodophyta akan berukuran kecil (Ramdan & Nuraeni, 2021). Habitat Rhodophyta mulai dari zona litoral sampai pada kedalaman 40 meter (Agustang *et al.* 2021:17). Dinding sel bagian dalam terdiri dari selulosa, dan dinding sel bagian luar terdiri dari mukopolisakarida antara lain yang mengandung agar-agar adalah Gracilaria dan Gelidium, sedangkan yang mengandung karaginan adalah Hypnea dan Kappaphycus (Oryza *et al.*, 2017). Rhodophyta dimanfaatkan sebagai obat, makanan, penyuplai bahan organik, dan memperkuat karang. Berikut salah satu contoh spesimen yang termasuk ke dalam Rhodophyta seperti pada gambar 2.3 dimana pada gambar tersebut *Chondrus crispus var. filiformis* menunjukkan gambar dalam bentuk asli asli.



Gambar 2. 3 *Chondrus crispus var. filiformis*
Chondrus crispus var. filiformis merupakan salah satu spesies alga merah.
Sumber: (Pereira, 2021)

2) Divisi Chlorophyta

Chlorophyta merupakan alga hijau dan dikenal dengan rumput laut berwarna hijau sebagian besar hidup di air tawar. Karakteristik Chlorophyta yaitu mengandung pigmen klorofil a dan b yang dominan dibandingkan dengan karotin dan xantofil (Ramdan & Nuraeni, 2021). Habitat Chlorophyta yaitu danau, kolam, genangan air hujan, sungai, selokan, dan lingkungan semi akuatik. Berikut salah satu contoh spesimen yang termasuk ke dalam Chlorophyta seperti pada gambar 2.4 dimana pada gambar tersebut *Ulva lactuca* menunjukkan gambar dalam bentuk asli.



Gambar 2. 4 *Ulva lactuca*
Ulva lactuca merupakan salah satu spesies alga hijau.
Sumber: (Bhavanath *et al.*, 2009)

3) Divisi Phaeophyta

Phaeophyta merupakan alga coklat dan dikenal dengan rumput laut berwarna coklat yang bersifat multiselular. Phaeophyta mengandung pigmen yang terdiri dari klorofil, karoten, fikosantin, dan xantofil (Aulia *et al.*, 2021). Klorofil pada Phaeophyta berfungsi untuk fotosintesis. Secara morfologi dikenal dengan salah satu kelompok Makroalga yang lebih sempurna menyerupai tumbuhan vaskuler karena memiliki bentuk tubuh yang menyerupai batang, pangkal batang, daun, akar, dan bunga (Aulia *et al.*, 2021). Yang membedakan Phaeophyta dengan tumbuhan vaskuler yaitu memiliki gelembung udara, dan tidak mampu bertahan pada kondisi kekeringan sehingga harus terendam air. Oleh karena itu, habitat Phaeophyta yaitu di zona subtidal

dengan kondisi terendam air laut (Kasim dalam Aulia *et al.*, 2021). Berikut salah satu contoh spesimen yang termasuk ke dalam Phaeophyta seperti pada Gambar 2.5 dimana pada gambar tersebut *Turbinaria conoidea* menunjukkan gambar dalam bentuk asli.



Gambar 2.5 *Turbinaria ornata*
Turbinaria ornata merupakan salah satu spesies alga cokelat.
Sumber: (Bhavanath *et al.*, 2009)

2.1.1.3 Habitat Makroalga

Habitat Makroalga menempel pada substrat yang terkena sinar matahari yang cukup (Ahmad *et al.*, 2021). Habitat Makroalga didaerah yang mengandung konsentrasi tinggi dengan nutrisi terlarut, bahan organik yang tersuspensi rendah, dan penetrasi cahaya yang cukup seperti di perairan dalam (Adams *et al.*, 2021). Makroalga dapat menempel pada tumbuhan lain secara epifit (Dwimayasanti & Kurnianto, 2018). Makroalga hidup pada zona litoral karena sangat membutuhkan cahaya matahari untuk fotosintesis (Sodiq & Arisandi, 2020). Makroalga tumbuh pada kondisi lingkungan yang baik seperti cahaya matahari, suhu, pH, salinitas, kekeruhan air, tipe substrat, nutrient, dan kualitas air harus dijaga agar Makroalga tidak mengalami degradasi dan kepunahan (Sodiq & Arisandi, 2020). Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa habitat Makroalga yaitu di zona litoral karena spesies ini dapat menempel pada substrat seperti pecahan karang, bebatuan, pasir, karang mati dan pada tumbuhan lain. Nutrient yang dibutuhkan oleh Makroalga seperti fosfat dan nitrat.

2.1.1.4 Peranan Makroalga

Makroalga dikenal dengan *seaweed* karena berperan dalam segi ekologis, ekonomis, dan biologis. Secara ekologis, Makroalga berperan sebagai habitat bagi organisme kecil (Echinodermata, molusca, crustaceae), tempat pemijahan, mencari makanan bagi ikan dan hewan herbivor (Dwimayasanti & Kurnianto, 2018). Peranan Makroalga di laut yaitu sebagai penyedia karbonat, sebagai organisme produser yang bermanfaat untuk organisme laut, salah satunya organisme herbivora, serta sebagai penguat substrat sehingga bermanfaat untuk stabilitas dan terumbu karang (Ira *et al.*, 2018). Secara ekonomis, Makroalga dimanfaatkan sebagai obat, dan sumber pangan seperti lalapan, manisan (Susanto dalam Dwimayasanti & Kurnianto, 2018). Secara biologis, Makroalga berperan dalam menyerap bahan polutan, penghasil bahan organik, dan sebagai sumber oksigen bagi organisme akuatik di laut (Bold & Wynne dalam Dwimayasanti & Kurnianto, 2018). Makroalga dimanfaatkan sebagai polisakarida bioaktif untuk antitumor. Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan peranan Makroalga sangat penting dalam ekosistem laut sebagai produsen primer dalam rantai makanan, mampu menahan ombak, penyuplai oksigen tertinggi, keseimbangan ekosistem laut, sebagai habitat dan perlindungan bagi biota laut.

2.2.2 Echinodermata

2.2.2.1 Tinjauan Umum Echinodermata

Echinodermata merupakan salah satu filum yang berasal dari hewan invertebrata yaitu hewan yang tidak memiliki tulang belakang (Micael *et al.*, 2009). Pandangan tersebut dilengkapi oleh Tala *et al.* (2021) Echinodermata merupakan hewan yang memiliki duri pada tubuh bagian luar. Kemudian menurut Kalinin (2021) Echinodermata merupakan hewan invertebrata laut yang termasuk dalam filum Echinodermata, berasal dari bahasa Yunani Kuno “echinos” artinya landak dan “derma” artinya kulit, sehingga disebut hewan yang kulitnya berduri. Selanjutnya menurut Jambo *et al.* (2021) Echinodermata merupakan salah satu komponen utama dari keanekaragaman hayati yang berperan dalam fungsi ekosistem di laut. Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa Echinodermata merupakan biota

laut yang tidak memiliki tulang belakang dan hidup pada zona litoral yaitu wilayah pasang surut sehingga dapat mempengaruhi tekanan osmotik pada kondisi salinitas yang sering berubah di laut.

Echinodermata memiliki ciri khas yang tidak dimiliki filum lain yaitu memiliki endoskeleton dari kalsium karbonat, memiliki sistem pembuluh air, memiliki pediselaria berbentuk penjepit, memiliki papila yang berperan terhadap respirasi, dan memiliki tubuh bersimetri pentaradial ketika dewasa (Tala *et al.*, 2021). Filum Echinodermata terbagi menjadi lima kelas diantaranya Kelas Asterozoa disebut bintang laut, Ophiurozoa disebut bintang ular, Holothurozoa disebut timun laut, Echinozoa disebut landak laut, dan Crinozoa disebut lili laut (Mahbubah, 2021).

Karakteristik yang menonjol pada Echinodermata adalah memiliki lima lengan yang menempel pada sumbu pusat. Pandangan tersebut dilengkapi oleh Lika *et al.* (2021) Echinodermata adalah hewan laut yang termasuk dalam hewan *coelomate* dengan simetri radial, tubuh Echinodermata dapat dibagi menjadi lima bagian yang mengelilingi sumbu pusat. Echinodermata memiliki bentuk simetris bilateral ketika larva dan simetris radial ketika dewasa (Triacha *et al.*, 2021). Pandangan ini dilengkapi oleh Lumenta (2017:65) Larva bilateral akan berkembang ketika dewasa menjadi radial melalui proses metamorphosis. Tubuh Echinodermata dibagi menjadi dua bagian yaitu dorsal (punggung) dan ventral (perut). Pada bagian dorsal terdapat lubang saluran air yang disebut madreporit dan anus, maka pada bagian ventral terdapat mulut dan kaki tabung pada setiap lengan. Madreporit merupakan lubang yang memiliki saringan untuk menghubungkan air laut dengan sistem pembuluh air dan lubang kelamin.

Secara morfologi hewan Echinodermata memiliki tubuh kasar karena adanya tonjolan kerangka, memiliki duri yang pendek, tumpul dan runcing, panjang. Duri pada tubuh di lempeng kalsium karbonat yang disebut testa (Lumenta, 2017:64). Tubuh Echinodermata berbentuk bulat, pipih, bulat memanjang, serta seperti bintang. Echinodermata memiliki kulit keras yang tersusun dari zat kapur dengan duri kecil dan lima lengan berjumlah lima (Suryati, 2019:1). Echinodermata memiliki ciri khas yaitu sistem pembuluh air (*water vascular system*), suatu jaringan pada saluran hidrolik yang

bercabang menjadi kaki tabung (*tube feet*) berfungsi dalam lokomosi, makan, dan pertukaran gas (Lariman dalam Jalaluddin, 2017). Echinodermata tidak memiliki kepala, tubuhnya tersusun dalam sumbu oral dan aboral, serta tubuhnya tertutup oleh epidermis tipis untuk membungkus rangka mesodermal yang terdiri dari zat kapur (Suryati, 2019:4).

Secara fisiologis sistem saluran air dalam rongga tubuhnya disebut ambulakral yang memiliki alat isap (Lumenta, 2017). Ambulakral yaitu kaki tabung dengan lubang kecil yang berfungsi sebagai penghisap dan saluran air yang keluar dari tubuh. Sistem peredaran darah Echinodermata terdiri dari pembuluh darah yang mengelilingi mulut dan disambungkan dengan lima buah pembuluh radial ke semua bagian lengan (Suryati, 2019). Sistem pencernaan Echinodermata yaitu mulut, esophagus, lambung, usus dan anus (Lumenta, 2017). Sistem saraf Echinodermata yaitu cincin dan tali saraf pada bagian lengan (Suryati, 2019). Sistem respirasi Echinodermata menggunakan paru-paru kulit yaitu penonjolan dinding rongga tubuh yang disebut dengan selom, dan beberapa jenis Echinodermata ada yang bernafas menggunakan kaki tabung (Suryati, 2019). Reproduksi Echinodermata bersifat hermafrodit dan dioseus, kemudian reproduksi seksual dilakukan oleh jantan dan betina yang terpisah, lalu pelepasan gamet dilakukan di air (Lumenta, 2017). Sisa metabolisme diangkut oleh sel *amoeboid* ke *dermal branchiae* dan dilepas ke luar tubuh (Suryati, 2019).

2.2.2.2 Habitat Echinodermata

Echinodermata hidup di laut mulai dari zona litoral sampai pada kedalaman 6000 meter (Erlangga *et al.*, 2018). Echinodermata merupakan hewan yang hidup dengan bebas dan gerakannya lamban. Habitat Echinodermata ditemukan pada semua ekosistem laut, dan paling banyak ditemukan pada zona litoral (Satyawati *et al.*, 2014). Habitat Echinodermata ditemukan pada habitat pasir yang ditutupi lamun, bebatuan yang ditutupi Makroalga (Tala *et al.*, 2021). Echinodermata ditemukan di zona litoral, zona intertidal, zona subtidal, dan zona supratidal. Hal tersebut berhubungan dengan vegetasi atau rumput laut yang tumbuh di zona tersebut (Suryati, 2019).

2.2.2.3 Peranan Echinodermata

Echinodermata memiliki peranan penting secara ekologis dan ekonomis. Secara ekologis, Echinodermata memiliki peranan pada jaring makanan di laut. Peranan echinodermata antara lain sebagai predator yaitu Asteroidea, sebagai detritivor yaitu Ophiuroidea, Crinoidea, Holothuroidea, dan sebagai herbivor yaitu Echinoidea (Hickman *et al.*, 2017:474). Jenis-jenis Echinodermata bersifat pemakan detritus, sehingga peranannya dalam ekosistem sebagai perombak sisa-sisa bahan organik yang tidak dipakai oleh biota laut lainnya dan berperan sebagai bioindikator untuk parameter kualitas perairan. (Dahuri dalam Putri & Endrawati, 2019). Pandangan ini dilengkapi Mbana *et al.* (2020) oleh keberadaan Echinodermata sangat berperan penting sebagai elemen penyusun terumbu karang, pembersih pantai dari material organik sehingga berperan sebagai bioindikator laut yang masih bersih. Sedangkan secara ekonomis, Holothuroidea berperan sebagai bahan pangan dan industri obat di Malaysia (Jontila *et al.*, 2014). Beberapa spesies Echinoidea pada bagian gonad dijadikan sebagai bahan pangan (Hammer *et al.*, 2006). Kemudian, Asteroidea dan Ophiuroidea dijadikan sebagai oleh-oleh (Alvarado, 2011).

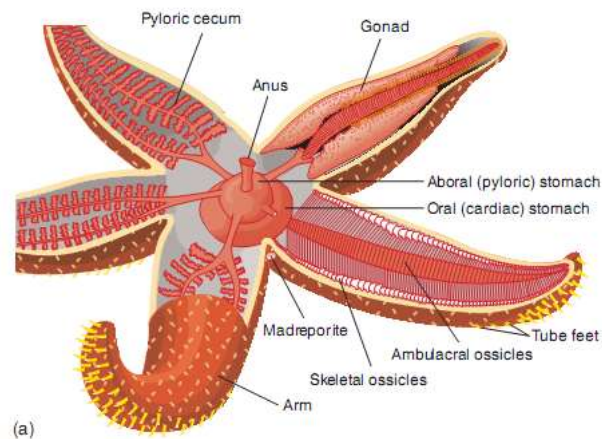
2.2.2.4 Klasifikasi Echinodermata

1) Kelas Asteroidea

Bintang laut merupakan hewan invertebrata yang termasuk filum Echinodermata dari kelas Asteroidea. Asteroidea termasuk karnivora karena memakan invertebrata lain, memakan ikan, dan bangkai. Berbentuk simetri radial dan memiliki lima lengan serta tidak mempunyai rangka yang membantu pergerakan (Mbana *et al.*, 2020). Asteroidea memiliki kaki ambulakral yang berfungsi untuk bergerak, menempel pada substrat, menghisap mangsa seperti remis, dan tiram (Suryati, 2019). Habitat Asteroidea mulai dari zona intertidal sampai zona subtidal dengan kedalaman >10 meter (Setyowati *et al.*, 2017). Asteroidea digunakan sebagai bioindikator perairan, dikenal sebagai pembersih laut karena berperan sebagai pemakan bangkai, dan cangkang molusca (Suryati, 2019:37). Secara ekologis, Asteroidea berperan dalam

ekosistem terumbu karang. Asteroidea dianggap merugikan karena predator, namun mempunyai manfaat ekonomis sebagai obat untuk penyakit asma, dijadikan bahan makanan dan bahan kerajinan, serta diolah untuk menghasilkan senyawa glikosida sebagai bahan antibiotik (Susantie dalam Hartati *et al.*, 2018).

Secara morfologi tubuh Asteroidea dibagi menjadi dua yaitu bagian oral (ventral) dan bagian aboral (dorsal). Bagian ventral terdapat mulut, dan bagian aboral terdapat anus, duri, pediselaria, serta madreporit terletak didekat cakram pusat yang berfungsi untuk sistem pembuluh air. Pediselaria berfungsi untuk menjaga permukaan tubuh terbebas dari kotoran dan berperan untuk menangkap makanan. Bagian aboral tubuh Asteroidea memiliki duri tumpul, pendek, dan keras, duri tersebut termodifikasi menjadi bentuk seperti capit yang disebut pediselaria (Suryati, 2019:32). Asteroidea tidak memiliki kepala dan mata, tetapi mempunyai bintik mata yang berada di ujung setiap lengan, dan sel sensoris berada di epidermis. Bintik mata Asteroidea dapat membedakan antara terang dan gelap. Pada Asteroidea lubang madreporit berjumlah 6-13, kemudian lubang anus berjumlah 1-6. Asteroidea memiliki saluran cincin terletak pada pusat tubuh dan saluran radial yaitu cabang dari saluran cincin terletak pada bagian lengan (Suryati, 2019:34). Bagian lengan dan cakram pusat Asteroidea dapat beregenerasi. Morfologi Asteroidea, dapat dilihat pada gambar 2.6 dimana pada gambar tersebut morfologi Asteroidea secara keseluruhan yang digambarkan dalam bentuk sketsa.



Gambar 2. 6 Morfologi Asteroidea

Morfologi Asteroidea terdiri dari *anus, gonad, aboral stomach, oral stomach, tube feet, ambulacral, skeletal ossicles, madreporite, arm, pyloric cecum.*

Sumber: (Miller & Harley, 2016:305)

Sistem pencernaan terdiri dari mulut, kerongkongan, lambung, kemudian makanan diolah dan disalurkan ke lengan melalui kantung pilorus dan dikeluarkan melalui anus. Sistem respirasi menggunakan brachia dermalis berupa kantong tipis di setiap kulit lengan dengan adanya tonjolan (Lumenta, 2017:68). Sistem reproduksi Asteroidea adalah seksual dan aseksual dengan pembelahan secara *fissiparity* yaitu membelah dengan jalan *fission* kemudian terpisah (Suryati, 2019:35). Sistem ekskresi melalui brachia dermalis dan sistem saraf terdiri dari cincin saraf di mulut kemudian bercabang ke lengan (Lumenta, 2017:68).

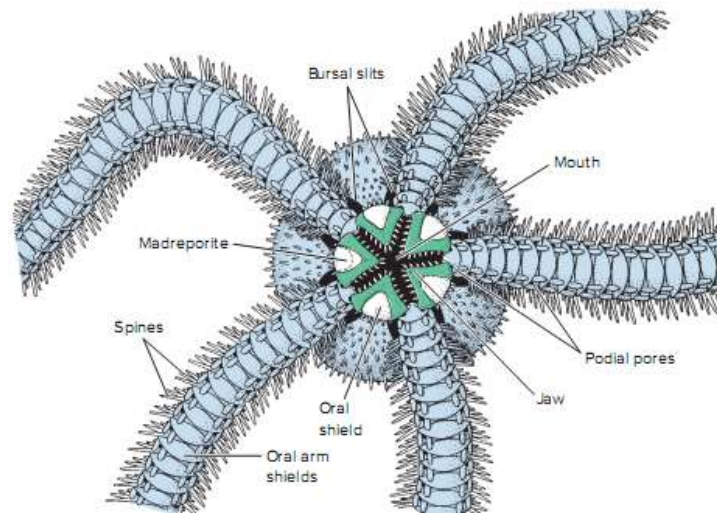
2) Kelas Ophiuroidea

Bintang mengular merupakan hewan invertebrata yang termasuk filum Echinodermata dari kelas Ophiuroidea. Disebut bintang mengular karena gerakan lengan yang mirip dengan ular. Ophiuroidea menyukai perairan yang terdapat lamun dan Makroalga karena berkaitan dengan makanannya sebagai pemakan detritus, endapan di dasar air, pemakan suspensi (Setiawan *et al.*, 2018). Secara ekologis, Ophiuroidea berperan dalam rantai makanan yang menopang ekosistem di laut dan ditemukan di karang bersama moluska, kepiting kecil, dan udang (Lesawengan *et al.*, 2019). Ophiuroidea berasosiasi dengan Makroalga sebagai perlindungan dari ikan

pemangsa dan berfungsi sebagai sumber makanan (Setiawan *et al.*, 2018). Pada zona intertidal dengan wilayah lamun dan Makroalga, umumnya ditemukan Ophiuroidea yang sedang mencari makan dan bersembunyi (Azis dalam Setiawan *et al.*, 2018).

Secara morfologi, tubuh Ophiuroidea terdiri dari dua bagian yaitu bagian oral (ventral) dan bagian aboral (dorsal). Bagian oral dan aboral tidak berduri (Suryati, 2019:39). Bagian oral terdapat mulut berbentuk segitiga disebut rahang, bagian aboral terdapat lempeng berkapur disebut perisai. Ophiuroidea bentuknya menyerupai bintang laut karena memiliki bentuk tubuh simetri pentaradial, memiliki lima lengan bulat panjang dari Asteroidea berbentuk seperti cambuk, dan mudah putus. Lengan Ophiuroidea menempel pada cakram pusat. Tubuh Ophiuroidea berbentuk cakram, dilindungi oleh cangkang kapur berbentuk keping, dilapisi oleh granula dan duri (Suryati, 2019:38). Cakram pusat berbatasan dengan lengan, berbentuk pipih, dan kecil dengan permukaan aboral yang halus (Lumenta, 2017:69). Kaki ambulakral disebut tentakel yang dilengkapi alat hisap dan alat sensoris untuk memasukan makanan (Suryati, 2019:39).

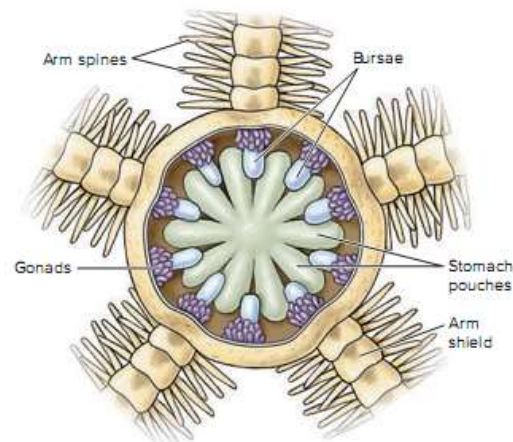
Secara fisiologi, sistem pernapasan menggunakan lima pasang kantung kecil yang bercelah di sekitar mulut, terletak pada permukaan oral (Lumenta, 2017:70). Sistem pencernaan Ophiuroidea terdiri atas mulut, esophagus, perut, tanpa usus dan anus. Sehingga sisa pencernaan dibuang melalui mulut. Makanan dipegang oleh lengannya, kemudian dimasukan ke mulut dengan tentakelnya, dan makanan yang tidak dicerna dikeluarkan melalui mulut (Lumenta, 2017:70). Sistem pembuluh air Ophiuroidea terdiri dari madreporit dan saluran cincin. Sistem reproduksi Ophiuroidea adalah generatif dengan melepaskan sel kelamin ke air dan pembuahannya tumbuh menjadi larva mempunyai lengan bersilia yang disebut pluteus, kemudian mengalami metamorfosis menjadi bintang mengular (Lumenta, 2017:70). Morfologi Ophiuroidea, dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8 dimana pada gambar tersebut morfologi Ophiuroidea digambarkan dalam bentuk sketsa yang menunjukkan bagian oral dan aboral dari Ophiuroidea.



Gambar 2. 7 Bagian Oral Ophiuroidea

Bagian oral ophiuroidea terdiri dari *mouth*, *bursal slits*, *madreporite*, *spines*, *oral arm shields*, *oral shield*, *jaw*, *podial pores*.

Sumber: (Hickman *et al.*, 2017:484)



Gambar 2. 8 Bagian Aboral Ophiuroidea

Bagian aboral ophiuroidea terdiri dari *bursae*, *stomach pouches*, *arm shield*, *gonads*, *arm spines*.

Sumber: (Hickman *et al.*, 2017)

3) Kelas Holothuroidea

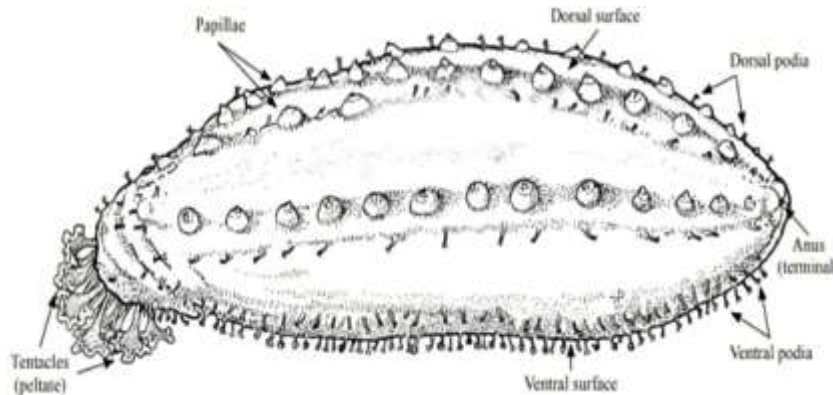
Timun laut biasa disebut teripang merupakan hewan invertebrata yang termasuk filum Echinodermata dari kelas Holothuroidea. Holothuroidea adalah organisme yang bergerak sangat lambat atau relatif diam. Holothuroidea bertugas membersihkan laut dengan cara menghisap serpihan lumpur organik dan meninggalkan

pasir yang telah dibersihkannya (Suryati, 2019:16). Holothuroidea hidup secara berkelompok dan diberbagai habitat seperti membenamkan diri di pasir, bersembunyi dibebatuan, dan diantara Makroalga. Teripang sering dijumpai pada perairan dangkal yang berdekatan dengan daerah pesisir pantai (Laksana *et al.*, 2019). Holothuroidea akan muncul didasar permukaan pada malam hari ketika pasang untuk mencari makan, sedangkan pada siang hari membenamkan diri di pasir (Suryati, 2019:20).

Holothuroidea memiliki fungsi ekonomi sebagai perdagangan dengan nilai jual tinggi yang dimanfaatkan sebagai bahan untuk kandungan gizi (Hartati dalam Tuhumury *et al.*, 2019). Holothuroidea memiliki fungsi ekologi yang berperan cukup besar dalam ekosistem di laut seperti berperan sebagai sumber makanan, dapat mempengaruhi sifat kimia habitatnya karena metabolisme Holothuroidea menunjang efek pengasaman dengan meningkatkan pH dan menyediakan nutrisi untuk fotosintesis dari *zooxanthellae* disebut alga bersel tunggal, memelihara kualitas sedimen dengan bioturbasi (proses pelapukan sedimen di dasar laut) kemudian Holothuroidea membersihkan sedimen untuk regenerasi, selanjutnya siklus nutrisi dari Holothuroidea menjadi fungsi utama ekosistem karena nitrat terlalut dan fosfat diekskresikan disekitarnya sehingga dapat diserap oleh (karang, mikroalga, Makroalga, dan bakteri) mikroalga dan bakteri yang telah mengkonsumsi *secret* akan dimakan kembali oleh Holothuroidea, serta memiliki hubungan simbiosis yaitu menjadi inang bagi ektokomensalis, endokomensalis, dan parasit (Purcell *et al.*, 2016).

Secara morfologi, Holothuroidea memiliki bentuk tubuh silindris, tidak memiliki lengan, tidak memiliki rangka, endoskeleton yang dimodifikasi menjadi spikula, mempunyai kulit yang lembek dan kasar. Tubuhnya berbentuk bulat memanjang dari mulut dibagian anterior ke anus dibagian posterior. Permukaan tubuh Holothuroidea yaitu lunak dan berlendir. Warna tubuh Holothuroidea bermacam-macam seperti hitam, abu, cokelat, merah, kuning, dan putih (Panggabean *et al.*, 2021). Bagian ventral memiliki warna yang lebih terang dari bagian dorsal. Terdapat tentakel yang mengelilingi lubang mulutnya, dan terdapat anus untuk mengeluarkan sisa metabolismenya (Suryati, 2019:14). Terdapat papilla yang disebut dengan kaki tabung

berukuran besar dan tebal. Pada bagian anus terdapat getah yang berfungsi sebagai alat pertahanan diri (Suryati, 2019:13). Morfologi Holothuroidea pada gambar 2.9 dimana pada gambar tersebut morfologi Holothuroidea secara keseluruhan yang digambarkan dalam bentuk sketsa.

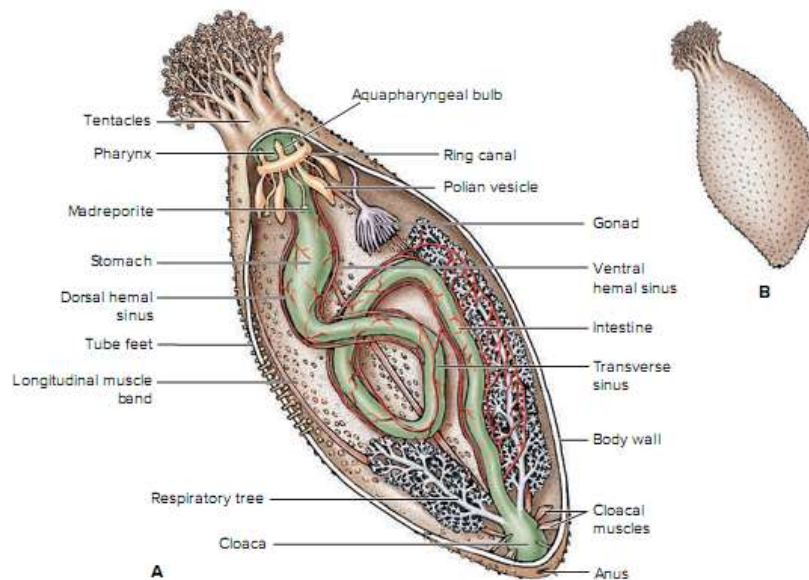


Gambar 2. 9 Morfologi Holothuroidea

Morfologi holothuroidea terdiri dari *papillae*, *dorsal surface*, *dorsal podia*, *anus*, *ventral podia*, *ventral surface*, *tentacles*.

Sumber : (Purcell *et al.*, 2012:2)

Secara fisiologi menurut (Suryati, 2019:13), sistem pernafasan Holothuroidea menggunakan pernafasan pohon yang terletak dibagian rongga kanan dan kiri, alat kelamin teripang terletak didekat mulut, jenis kelamin Holothuroidea dapat dilihat jika melakukan pembedahan dengan cara dilihat dari mikroskop, kemudian gonad jantan berwarna putih seperti susu, sedangkan gonad betina berwarna kuning, kemudian reproduksi Holothuroidea secara eksternal dengan cara disemprotkan, teripang jantan akan mengeluarkan sperma, selanjutnya teripang betina akan mengeluarkan sel telur karena ransangan feromon dari teripang jantan. Anatomi Holothuroidea pada gambar 2.10 dimana pada gambar tersebut anatomi Holothuroidea secara keseluruhan yang digambarkan dalam bentuk sketsa.



Gambar 2. 10 Anatomi Holothuroidea

Anatomi Holothuroidea yaitu *tentacles*, *pharynx*, *aquapharyngeal bulb*, *ring canal*, *madreporite*, *polian vesicle*, *gonad*, *stomach*, *ventral hemal sinus*, *dorsal hemal sinus*, *tube feet*, *intestine*, *longitudinal muscle band*, *transverse sinus*, *body wall*, *respiratory tree*, *cloaca*, *cloaca muscles*, *anus*.

Sumber: (Hickman *et al.*, 2017:488)

4) Kelas Echinoidea

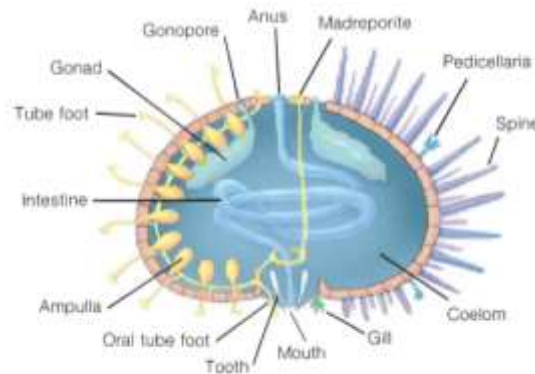
Bulu babi merupakan hewan herbivora yang termasuk filum Echinodermata dari kelas Echinoidea. Echinoidea adalah hewan herbivora karena pola makannya yaitu memakan Makroalga yang terdapat dalam terumbu karang (Noviana *et al.*, 2019). Pandangan ini dilengkapi oleh (Lumenta, 2017:71) makanan Echinoidea adalah Makroalga, dan hewan yang sudah mati. Echinoidea sering ditemukan di pasir, di atas pecahan karang, di daerah terumbu karang, padang lamun dan menyukai perairan yang jernih (Padang *et al.*, 2019). Echinoidea merupakan salah satu spesies kunci untuk komunitas terumbu karang, salah satunya dari genus *Diadema* (Noviana *et al.*, 2019). Hal ini dikarenakan Echinoidea merupakan salah satu pengendali mikroalga yaitu pesaing bagi hewan karang ketika memperebutkan sinar matahari (Suryati, 2019:45). Secara ekonomis echinoidea dimanfaatkan sebagai makanan pada bagian gonadnya, digunakan sebagai bioindikator pencemaran laut karena sensitif pada polutan akibat

logam berat seperti Cadmium, kemudian dijadikan organisme model sebagai uji toksikologi lingkungan (Huda *et al.*, 2017). Secara ekologis, Echinoidea berasosiasi dengan padang lamun karena berperan dalam rantai makanan, tingginya tutupan vegetasi lamun menyebabkan banyak biota laut yang berasosiasi dengan padang lamun, salah satunya Echinoidea sebagai tempat hidup, mencari makan, memijah, berlindung menghindari predator (Suryati, 2019:48).

Secara morfologi, bentuk tubuh Echinoidea adalah bulat dan pada kulitnya memiliki duri. Duri Echinoidea berfungsi untuk menggali, bergerak, dan melindungi tubuh dari kotoran serta melindungi tubuh dari organisme lain (Lumenta, 2017:71). Secara morfologi Echinoidea berbentuk bulat, tidak memiliki lengan, memiliki duri panjang yang dapat digerakkan (Padang *et al.*, 2019). Echinoidea berbentuk seperti bola namun ada yang berbentuk pipih, memiliki cangkang keras yang mengandung zat kapur, dipenuhi duri terletak berderet dalam garis (Suryati, 2019:43). Semua organ tubuhnya berada di dalam tempurung, yang terdiri dari 10 keping pelat ganda yaitu pelat ambulakral yang berlubang sebagai tempat keluarnya kaki tabung (Padang *et al.*, 2019). Kaki ambulakral terletak di sisi oral yang berfungsi sebagai pengangkut makanan (Lumenta, 2017:72). Pada saat mati, Echinoidea akan berwarna putih dengan lima garis simetris mirip dengan bintang laut dan rangka tubuh yang mati akan menjadi lunak (Suryati, 2019:44). Echinoidea memiliki perbedaan di beberapa tempat, berbeda dalam bentuk duri, cangkang, morfologi, dan gonad karena pengaruh lingkungan, makanan, salinitas, pH, topografi perairan, dan kedalaman laut (Oemarjati & Wardhana dalam (Noviana *et al.*, 2019).

Secara fisiologi, sistem pencernaan Echinoidea terdiri dari tembolok yang berfungsi untuk menggiling makanan, kemudian reproduksi Echinoidea secara eksternal bersifat hermafrodit karena jika telur menetas maka akan menjadi larva yang disebut larva *echinopluteus*, selanjutnya pernafasan Echinoidea ada yang bernapas dengan insang, contohnya bulu babi dan ada yang bernapas dengan kaki tabung, caranya yaitu mendorong air sehingga akan terjadi pertukaran gas yang berlawanan arah dengan sistem vaskular air, contohnya yaitu *sand dollars* (Lumenta, 2017:72).

Anatomi Echinoidea pada gambar 2.11 dimana pada gambar tersebut anatomi Echinoidea secara keseluruhan yang digambarkan dalam bentuk sketsa.



Gambar 2. 11 Anatomi Echinoidea

Anatomi echinoidea terdiri dari *anus, madreporite, pedicellaria, spine, coelom, gill, mouth, tooth, oral tube foot, ampulla, intestine, tube foot, gonad, gonopore.*

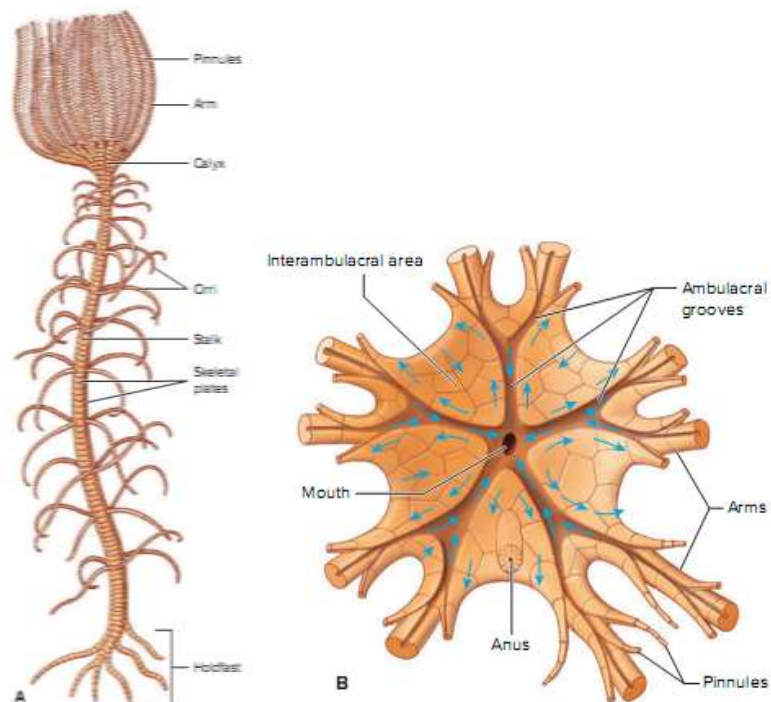
Sumber: (Miller & Harley, 2016:309)

5) Kelas Crinoidea

Lili laut merupakan hewan invertebrata yang termasuk filum Echinodermata dari kelas Crinoidea. Secara morfologi, tubuh Crinoidea terdiri dari tangkai yang berfungsi untuk menempel, mahkota pentamerus yang melekat pada tangkai, dan memiliki warna yang cerah sehingga menarik ketika dilihat. Echinoidea mempunyai bentuk tubuh menyerupai bunga, memiliki lengan yang bercabang mengelilingi kaliks, kaki tabung bersilia berfungsi untuk makan, tidak memiliki duri, dan menempel menggunakan sirri yaitu ujung tangkai yang mempunyai zat tanduk (Lumenta, 2017:61). Kulitnya tersusun atas zat kitin (Suryati, 2019:51). Bagian dasar tubuh disebut kaliks terdapat sisi oral terdiri dari mulut, celah bersilia yang disebut celah ambulakral dan terdapat sisi anus sedangkan jumlah lengan Crinoidea yaitu dengan kelipatan lima serta mempunyai cabang yang disebut pinnula (Lumenta, 2017:66). Kaki tabung Crinoidea tidak memiliki alat hisap, tidak memiliki madreporit, tidak memiliki duri, tidak memiliki pediselaria, dan celah ambulakralnya terbuka (Suryati, 2019:52). Habitat Crinoidea hidup di zona litoral sampai kedalaman laut mencapai

3.500 meter (Lumenta, 2017:65). Makanan Crinoidea adalah plankton dan partikel yang melayang.

Secara fisiologi, sistem reproduksi Crinoidea yaitu ada yang menahan pada pinnula hingga menetas, dan ada yang melepaskan telur di air, kemudian larva Crinoidea disebut *doliolaria*, lalu jenis kelaminnya terpisah, gonad Crinoidea terletak didalam pinnula (Suryati, 2019:52). Sistem pencernaan Crinoidea terdiri dari mulut, usus, rektum, dan anus, kemudian sistem pernafasan menggunakan insang kulit. Celah ambulakral yang berfungsi untuk menangkap makanan berupa cairan, zooplankton, dan partikel yang ada di air laut (Lumenta, 2017:66). Sistem saraf Crinoidea terdiri dari cincin saraf dan saraf radial (Suryati, 2019:53). Morfologi Crinoidea pada gambar 2.12 dimana pada gambar tersebut morfologi Crinoidea secara keseluruhan yang digambarkan dalam bentuk sketsa.



Gambar 2. 12 Morfologi Crinoidea

Morfologi Crinoidea pada bagian (a) terdiri dari *pinnules*, *arm*, *calyx*, *cirri*, *stalk*, *skeletal plates*, *holdfast*. Sedangkan pada bagian (b) terdiri dari *mouth*, *anus*, *pinnules*, *arms*, *ambulacral grooves*, *interambulacral area*.

Sumber: (Hickman *et al.*, 2017:409)

2.2.3 Asosiasi Echinodermata dengan Makroalga

Asosiasi merupakan hubungan timbal balik antar spesies di dalam organisme dari suatu komunitas dan ditunjukkan pada tingkat keragaman (Macfarlan *et al.*, 2009). Asosiasi merupakan hubungan antara dua komunitas yaitu komunitas hewan dan komunitas tumbuhan, salah satunya asosiasi Echinodermata dengan Makroalga. Asosiasi hewan dengan tumbuhan berbeda susunannya terhadap waktu dan ruang, interaksi antara golongan dengan lingkungannya akan berubah karena tergantung pada tumbuhan yang menjadi habitat. Kelimpahan ekosistem Makroalga merupakan habitat penting bagi biota laut lain, salah satunya Echinodermata. Apabila suatu komunitas mempunyai keanekaragaman tinggi maka akan terjadi asosiasi baik yang menguntungkan atau merugikan. Echinodermata merupakan salah satu organisme yang berasosiasi dengan Makroalga. Makroalga merupakan produsen utama di laut karena berperan dalam rantai makanan. Peranan Makroalga dengan Echinodermata yaitu (1) Makroalga sebagai makanan bagi biota laut seperti bulu babi, gastropoda, dan ikan, (2) Makroalga sebagai habitat bagi biota laut seperti molusca, teripang, dan ikan, (3) Makroalga sebagai tempat perlindungan bagi biota laut seperti bintang mengular, teripang, molusca, dan ikan, (4) Makroalga sebagai tempat pemijahan bagi biota laut seperti teripang dan ikan. Berdasarkan peranan Makroalga di atas dapat disimpulkan bahwa Makroalga berasosiasi dengan Echinodermata. Metode perhitungan asosiasi dapat dihitung menggunakan rumus uji X^2 .

2.2.4 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Makroalga Echinodermata

1) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan kondisi keasaman suatu larutan dengan parameter berikut, semakin rendah pH suatu larutan maka menunjukkan larutan dengan sifat asam dan semakin tinggi pH suatu larutan maka menunjukkan larutan dengan sifat basa. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan asam dan nilai pH lebih dari 7 menunjukkan lingkungan basa. Proses fisiologis suatu organisme dapat dipengaruhi oleh kondisi air yang terlalu asam ataupun basa sehingga membahayakan kehidupan

biota laut karena dapat terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Menurut Rukminasari *et al.* (2014) secara alami air laut memiliki kemampuan menyangga yang sangat besar untuk mencegah perubahan pH. Menurut Husna *et al.* (2021) pH yang baik untuk kehidupan Echinodermata berkisar antara 7-8,5. Pada umumnya substrat pasir berlumpur dapat menjamin kehidupan Echinodermata (Lika *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini untuk mengukur derajat keasaman (pH) menggunakan kertas lakmus.

2) *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan salah satu parameter untuk mengukur tingkat kualitas air (Hasanah & Putrawangsa, 2016). Semakin tinggi nilai DO maka kualitas air tersebut semakin bagus. Kehidupan di perairan ditentukan oleh tersedianya oksigen terlarut didalam air (Prahutama, 2013). Kadar *dissolved oxygen (DO)* lebih rendah pada perairan darat dan kadar *dissolved oxygen (DO)* lebih tinggi pada perairan dalam (Madyawan *et al.*, 2020). Hal ini dikarenakan oleh massa air yang naik dari perairan dalam menuju ke permukaan air yang dekat dengan daratan sehingga DO di perairan darat lebih kecil dibandingkan dengan perairan dalam. Menurut (Noviana *et al.*, 2019) apabila salinitas tinggi maka oksigen terlarut dalam air semakin turun sehingga menyebabkan kematian dan stress pada biota laut. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, baku mutu oksigen terlarut untuk biota laut adalah >5 ppm. Dalam penelitian ini untuk mengukur *dissolved oxygen (DO)* menggunakan multi parameter.

3) **Salinitas**

Salinitas merupakan tingkat kadar garam yang terlarut dalam air. Salinitas menggambarkan kandungan garam dalam suatu perairan. Garam tersebut adalah bermacam-macam ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Kualitas air dipengaruhi oleh tingkat kadar garam dalam air (Hakimi *et al.*, 2021). Semakin tinggi salinitas perairan maka semakin besar pula tekanan osmotiknya. Menurut Nybakken dalam Zamani (2015) salinitas air laut berkisar antara 30‰-35‰. Sedangkan menurut Aziz dalam Simatupang *et al.* (2017) menyatakan bahwa salinitas yang baik untuk kehidupan Echinodermata berkisar antara 30‰-36 ‰. Kemudian

menurut Luning dalam Arfah & Patty (2016) pertumbuhan Makroalga berkisar antara 30‰-32‰. Salinitas sangat berpengaruh untuk kehidupan Makroalga sebagai laju pertumbuhan, dan kebutuhan nutrisi. Beberapa organisme ada yang tahan pada perubahan salinitas yang besar, tetapi ada yang tahan pada perubahan salinitas yang kecil (Lika *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini untuk mengukur salinitas menggunakan multi parameter.

4) Suhu

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk kehidupan organisme (Hamuna *et al.*, 2018). Suhu berpengaruh untuk aktivitas metabolisme yang selanjutnya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kehidupan biota laut. Menurut Pahala Roy Rambe, Mubarak (2022) menyatakan bahwa suhu permukaan laut dapat diperoleh dengan pengukuran langsung (*in situ*). Suhu perairan dangkal lebih besar dibandingkan dengan suhu perairan laut dalam, karena banyak pusaran angin (Odum dalam Salim *et al.*, 2017). Suhu air laut memiliki peran penting untuk kecepatan laju metabolisme, respirasi biota laut, air, serta proses metabolisme ekosistem di laut (Lika *et al.*, 2021). Menurut Luning dalam Arfah & Patty (2016) suhu yang baik untuk pertumbuhan Makroalga berkisar antara 15⁰C -30⁰C. Sedangkan menurut Ahyuan dalam Ahmad *et al.* (2021) suhu yang baik untuk pertumbuhan Makroalga berkisar antara 21⁰C-32,4⁰C. Kemudian menurut Aziz dalam Triacha *et al.* (2021) menyatakan bahwa suhu yang baik untuk kehidupan Echinodermata berkisar antara 20⁰C-30⁰C. Dalam penelitian ini untuk mengukur suhu air menggunakan multi parameter.

5) Kecerahan air

Parameter kecerahan air merupakan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh benda didalam air (Salim *et al.*, 2017). Kecerahan air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan biota laut. Menurut Khanafiah *et al.* dalam Peslinof & Fisika (2013) menyatakan bahwa kecerahan air disebabkan oleh zat padat yang terlarut, dimana zat tersebut bersifat organik seperti mikroorganisme dan plankton, kemudian bersifat anorganik seperti lumpur dan pasir. Dalam penelitian ini untuk

mengukur kekeruhan air menggunakan *Secchi disc*. Rumus kecerahan air sebagai berikut :

$$I = \frac{\left(\frac{H_1+H_2}{2}\right)}{H_{total}} \times 100\%$$

Keterangan :

I = Kecerahan perairan (%)

H₁ = Kedalaman *Secchi disk* hingga tidak terlihat (m)

H₂ = Kedalaman *Secchi disk* hingga terlihat (m)

H_{total} = Kedalaman total perairan (m)

6) Intensitas cahaya

Intensitas cahaya merupakan kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya kearah tertentu (Octalini *et al.*, 2021). Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan biota laut dan berpengaruh terhadap pola persebaran organisme. Semakin dalam lapisan perairan maka semakin menurun intensitas cahaya matahari (Warsa & Kunto dalam Muslimin & Perdana Sari (2017). Pada perairan dalam sinar matahari akan semakin berkurang sehingga semakin dalam lautan maka semakin keruh airnya. Beberapa organisme menyukai intensitas cahaya tinggi dan beberapa organisme lain menyukai intensitas cahaya redup. Dalam penelitian ini untuk mengukur intensitas cahaya menggunakan *lux* meter.

2.2.5 Pantai Sancang

Pantai Sancang merupakan pantai yang terletak di bagian timur Kabupaten Garut yang berbatasan dengan Kabupaten Tasikmalaya, tepatnya di Desa Sancang. Kawasan ini memiliki area seluas 1.150 Ha, wilayah ini berada dari daerah Sungai Cimerak sampai Muara Sungai Cikaengang (BBKSDA, 2016). Pantai Sancang termasuk daerah cagar alam yang dilindungi, aktivitas nelayan di wilayah Pantai Sancang tergolong sedang, dan memiliki keanekaragaman biota laut yang cukup tinggi. Keanekaragaman biota laut yang dapat ditemukan di Pantai Sancang terdiri dari tumbuhan laut seperti Makroalga dan hewan laut seperti Echinodermata. Kondisi Pantai Sancang yang berkarang dan berpasir menjadi habitat utama bagi biota laut yang

ditemukan pada zona litoral. Pantai Sancang memiliki tiga stasiun yaitu Cibako, Cikujangjambe, dan Ciporeang. Pada stasiun Cibako merupakan daerah berkarang, sedangkan pada stasiun Cikujangjambe dan Ciporeang merupakan daerah berkarang dan berpasir.

2.2.6 Zona Litoral

Zona litoral merupakan daerah peralihan dari kondisi lautan ke daratan sehingga berbagai macam organisme terdapat dalam zona litoral (Rokhim Dahuri *et al.* dalam (Kamal *et al.*, 2015). Menurut Umaternate *et al.* (2021) pengertian zona litoral merupakan daerah yang terletak antara lautan dan daratan yang dipengaruhi oleh air pasang dikenal dengan pantai. Pandangan tersebut dilengkapi oleh Chantarasiri (2021) zona litoral merupakan zona perairan dangkal yang banyak biota laut dan bersinanggungan dengan zona yang lebih dalam dari ekosistem perairan. Sedangkan menurut Bancin *et al.* (2020) zona litoral merupakan zona yang paling sempit dibandingkan dengan zona laut. Kemudian menurut Nybakken dalam (Permana *et al.*, 2018) zona litoral merupakan daerah pantai yang mengalami pasang surut air laut dan mendapatkan cahaya yang cukup sehingga pada zona ini terdapat banyak organisme. Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan zona litoral merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan darat. Zona ini dipengaruhi oleh daerah pasang surut air laut dan sering terkena ombak.

Pasang surut merupakan keadaan wilayah pergerakan naik turun permukaan air laut secara berkala pada waktu tertentu (Arifin *et al.*, 2021). Pasang surut air laut terjadi pada zona litoral oleh karena itu menurut Puryono *et al.* (2019) menyatakan bahwa zona litoral dibagi menjadi tiga zona yang menghubungkan lautan dengan daratan yaitu zona supratidal, zona subtidal, dan zona intertidal. Zona pertama supratidal merupakan batas atas dari pasang tertinggi garis permukaan laut, kemudian zona kedua subtidal merupakan batas bawah dari surut terendah garis permukaan laut, selanjutnya zona ketiga intertidal merupakan batas antara pasang tertinggi dan surut terendah dari garis permukaan laut.

Zona litoral adalah daerah yang sangat mudah untuk berinteraksi dengan aktifitas manusia, karena daerah ini adalah daerah peralihan antara ekosistem daratan dan ekosistem perairan. Pada zona litoral cahaya matahari langsung mengenai permukaan air laut sehingga membantu proses fotosintesis Makroalga, dan persebaran Makroalga berpengaruh terhadap perkembangan Echinodermata, karena Makroalga merupakan sumber makanan bagi Echinodermata. Salah satu pantai yang memiliki zona litoral yang cukup luas adalah Pantai Sancang. Pantai Sancang menjadi lokasi penelitian mengenai asosiasi Echinodermata dengan Makroalga. Zona litoral yang akan dijadikan lokasi penelitian sepanjang 100 meter yang diambil dari tepi pantai hingga perairan yang masih tergenang air. Zona litoral Pantai Sancang ditunjukkan pada gambar 2.13 dimana pada gambar tersebut menunjukkan zona litoral Pantai Sancang yang digambarkan dalam bentuk asli.



Gambar 2. 13 Zona Litoral Pantai Sancang

Zona litoral Pantai Sancang yang digunakan dalam penelitian sepanjang 100 meter.
Sumber: Dokumentasi Pribadi (20 Maret 2022)

2.2.7 Suplemen Bahan Ajar Biologi

Bahan ajar merupakan perangkat materi pembelajaran yang disusun oleh guru secara terstruktur dan memberikan informasi secara menyeluruh dari kompetensi yang dikuasai oleh peserta didik (Soegiranto dalam Vioreza *et al.* (2022). Menurut Wildayani *et al.* (2021) pengertian bahan ajar merupakan salah satu faktor penting yang

harus dianalisis, diamati, dirancang sebagai bahan materi yang bisa diterima oleh peserta didik dan memberikan dasar untuk dipelajari. Kemudian menurut Lestari dalam Hothimah (2022) bahan ajar merupakan sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan, dan cara mengevaluasi yang disusun secara sistematis dan menarik untuk mencapai tujuan kompetensi pembelajaran. Sedangkan menurut Prastowo dalam Khulsum *et al.* (2018) bahan ajar merupakan seperangkat materi yang disusun secara sistematis, baik tertulis maupun tidak tertulis sehingga menciptakan suasana peserta didik untuk belajar. Pandangan tersebut dilengkapi oleh Prastowo dalam Puspitasari & Purbosari (2021) bahan ajar merupakan segala bentuk bahan seperti informasi, alat, maupun teks yang disusun secara sistematis untuk menampilkan kompetensi yang akan dikuasai dan digunakan dalam pembelajaran dengan tujuan merencanakan dan menelaah implementasi pembelajaran.

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan seperangkat materi yang disusun berdasarkan kebutuhan pembelajaran baik tertulis maupun tidak tertulis yang disesuaikan dengan materi pembelajaran dan terdapat bahan evaluasi sehingga menarik untuk dipelajari oleh peserta didik untuk mempermudah pada saat proses pembelajaran. Seperangkat bahan tersebut berupa buku, program audio, video, dan komputer yang berisi materi pembelajaran. Bahan ajar dirancang secara sistematis oleh pendidik sebagai pelaksana dalam kegiatan pembelajaran. Sistematis bahan ajar berupa keterkaitan bahan ajar dengan standar kompetensi, kompetensi dasar, indikator pembelajaran, dan disusun sesuai dengan kurikulum yang berlaku.

Bahan ajar merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pembelajaran. Melalui bahan ajar pendidik akan lebih mudah dalam melaksanakan pembelajaran dan memudahkan peserta didik dalam belajar. Menurut Amri & Ahmadi dalam Yolanda & Wahyuni (2022) menyatakan bahwa jenis-jenis bahan ajar meliputi (1) bahan ajar visual yang terdiri dari modul, lembar kerja peserta didik (LKPD), *hand out*, buku teks, buku ajar, (2) bahan ajar audio terdiri dari kaset, radio, dan *compact disk audio*, (3) bahan ajar audio visual terdiri dari *compact disk*, *film*, (4) bahan ajar multimedia

interaktif terdiri dari bahan ajar berbasis *web based learning materials*, *compact disk* multimedia interaktif, dan *Computer Assited Instruction (CAI)*. Bahan ajar dijadikan sebagai suplemen tambahan dalam pembelajaran biologi salah satunya adalah buku saku. Dalam penelitian ini suplemen bahan ajar biologi mengenai asosisasi Echinodermata dengan Makroalga berupa buku saku.

2.2.8 Pemanfaatan Buku Saku sebagai Suplemen Bahan Ajar Biologi

Buku saku merupakan bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik terdiri dari materi, metode, dan evaluasi yang digunakan secara mandiri oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan (Anwar dalam Yani *et al.*, 2021). Menurut Hidayah *et al.* (2018) buku saku merupakan salah satu media cetak, buku saku dipilih karena sederhana, ringkas, dan mencakup banyak informasi. Kemudian menurut Widyasih (2020) buku saku merupakan buku kecil yang dicetak dan menjadi media alternatif untuk menyampaikan materi. Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa buku saku merupakan buku dengan ukuran kecil yang dapat dimasukkan ke dalam saku dan mudah untuk dibawa dan berisi banyak informasi.

Kelebihan buku saku adalah berisi ringkasan materi, tampilannya menarik, mudah dibawa, dan mampu membuat peserta didik fokus dalam pembelajaran, sedangkan kelemahan buku saku adalah penyediaan untuk bahan yang dicetak memerlukan waktu lama (Nurhayati, 2019). Pandangan tersebut dilengkapi oleh Ramadhan *et al.* (2020) menyatakan bahwa kelebihan buku saku mudah dipahami peserta didik, dapat dipelajari dalam waktu singkat dan membimbing peserta didik berlatih berpikir kreatif. Kemudian menurut Bani & Masruddin (2021) kekurangan buku saku yaitu masih menggunakan kertas dan mudah hilang. Berdasarkan beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa buku saku memiliki kelebihan yaitu sangat praktis untuk dibawa, dibuat dengan berbagai tulisan dan gambar yang menarik sehingga membuat peserta didik termotivasi untuk mempelajari materi dibuku saku, dan memiliki kekurangan yaitu mudah rusak seperti robek.

Buku saku dimanfaatkan sebagai sumber dalam proses pembelajaran peserta didik. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Sari *et al.* (2020) mengenai

pengembangan buku saku berbasis penelitian pengaruh ampas tebu sebagai media tanam jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) untuk mata kuliah mikrobiologi. Pengembangan buku saku mangrove pulau tunda sebagai bahan pengayaan pada materi keanekaragaman hayati di SMA Kota Serang (Nurseha *et al.*, 2021). Kemudian menurut Novitasari *et al.* (2021) mengenai kelayakan media buku saku sistem endokrin di kelas XI SMA. Selanjutnya menurut Purnamasari *et al.* (2021) mengenai kelayakan buku saku bahan tambahan untuk SMA pada hasil pengujian jus wortel (*Daucus carota L.*) untuk bakso ayam dan organoleptiknya.

Berdasarkan beberapa contoh pemanfaatan buku saku di atas hasil penelitian asosiasi Echinodermata dengan Makroalga di zona litoral Pantai Sancang sebagai suplemen bahan ajar biologi akan dibuat *output* berupa buku saku yang diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kepadatan, penutupan, indeks keanekaragaman, indeks nilai penting, indeks dominansi, dan indeks pemerataan yang ada di Pantai Sancang Kabupaten Garut. Buku saku ini dapat dimanfaatkan oleh guru SMA sebagai penunjang pelajaran pada materi Echinodermata dengan Kompetensi Dasar 3.5 di kelas X dan pengelompokkan Protista dengan Kompetensi Dasar 3.6 di kelas X.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Terdapat beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini, diantaranya yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Pribadi *et al.* (2017) mengenai asosiasi Makroalga dengan gastropoda pada zona intertidal Pantai Pananjung Pangandaran. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat 12 spesies Makroalga di Pantai Pasir Putih, kemudian terdapat 11 spesies Makroalga di Pantai Batu Nunggul, selanjutnya tutupan Makroalga tertinggi terdapat di wilayah Pantai Batu Nunggul dengan spesies *Gracilaria coronopifolia* sebesar 57,5%, kepadatan gastropoda tertinggi terdapat di Pantai Batu Nunggul dengan spesies *Cypraea annulus*, sehingga hasil akhir dari penelitian ini adalah terdapat asosiasi positif antara Makroalga dengan gastropoda di Pantai Pasir Putih dan Pantai Batu Nunggul namun tidak terjadi ketergantungan antara kedua populasi tersebut.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Riniatsih *et al.* (2017) mengenai komposisi Makroalga yang berasosiasi di ekosistem padang lamun Pulau Tumpul Lunik, Pulau Rimau Balak dan Pulau Kandang Balak Selatan, perairan Lampung Selatan. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat 12 spesies Makroalga dengan sebaran kepadatan Makroalga yang beragam, kemudian kepadatan tertinggi Makroalga terdapat di wilayah Pulau Tempul Lunik dengan jenis *Halimeda makroloba* yang ditemukan pada habitat lamun *Enhalus acoides*, selanjutnya Makroalga pada ekosistem padang lamun bisa menjadi kompetitor bagi keberadaan dan penutupan lamun dengan persaingan menempati wilayah serta pemanfaatan nutrient di perairan, sehingga hasil akhir penelitian ini adalah terdapat asosiasi antara perbedaan kepadatan Makroalga dengan penutupan lamun.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Vindia *et al.* (2019) mengenai asosiasi Echinodermata pada ekosistem padang lamun di Pantai Samuh, Nusa Dua, Bali. Hasil dari penelitian ini adalah kepadatan lamun pada semua stasiun berkisar antara 156-246 tegakan/m², kepadatan Echinodermata tertinggi adalah *Diadema setosum* pada setiap stasiun, komposisi jenis lamun di perairan Pantai Samuh terdiri dari 5 spesies, komposisi jenis Echinodermata terdiri dari 13 spesies, perhitungan Indeks Dispersi Morisita Echinodermata dan lamun memiliki pola seragam dan berkelompok, sehingga hasil akhir analisis asosiasi menunjukkan terdapat asosiasi positif, asosiasi negatif dan asosiasi tidak berhubungan antara Echinodermata dan lamun di Pantai Samuh.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Purnomo & Nugraha (2020) mengenai hubungan persen penutupan lamun dan struktur komunitas Echinodermata di Pulau Ra'as. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terdapat 4 spesies Echinodermata dan 3 spesies lamun, kemudian keanekaragaman, keseragaman, dan dominasi Echinodermata pada setiap stasiun tergolong rendah, selanjutnya hasil akhir asosiasi Echinodermata dan lamun menunjukkan tidak memiliki hubungan yang signifikan karena faktor yang mempengaruhinya yaitu Echinodermata yang menempati ekosistem terumbu karang seperti *Diadema sitosum* yang paling sering ditemukan pada setiap stasiun.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Aisyah & Romadhon (2020) mengenai hubungan persen penutupan lamun dengan kepadatan Echinodermata di Pulau Bawean, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penutupan lamun berkisar antara 49-57% ekosistem lamun tergolong sedang, kemudian untuk kepadatan Echinodermata berkisar antara 0,3 – 0,16 ind/m² tergolong tinggi, selanjutnya hasil uji korelasi yang didapatkan sebesar 0,3% keberadaan Echinodermata dipengaruhi penutupan lamun dan 99,97% dipengaruhi faktor lain, untuk kedua stasiun tidak memiliki hubungan antara penutupan lamun dengan kepadatan Echinodermata di Pulau Bawean.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Pribadi *et al.* (2020) mengenai asosiasi lamun dan Echinodermata pada ekosistem padang lamun Cagar Alam Leuweung Sancang, Jawa Barat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari 4 stasiun pengamatan ditemukan 2 spesies lamun yaitu dan 2 famili Echinodermata, kemudian hasil koefisien uji X² pada 4 stasiun menunjukkan adanya asosiasi positif antara Echinodermata dan lamun serta hanya di Cicolomberan yang memiliki asosiasi tinggi dan signifikan.

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian yang relevan memiliki perbedaan dan persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga hasil akhir menunjukkan adanya asosiasi positif, asosiasi negatif, dan asosiasi tidak berhubungan antara Echinodermata dengan lamun dan antara Makroalga dengan lamun.

2.3 Kerangka Konseptual

Indonesia merupakan pusat keanekaragaman hayati di dunia dan dikenal sebagai negara *megabiodiversity*. Selain itu, Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai wilayah laut yang luas dan garis pantai yang sangat panjang. Salah satu pantai di Indonesia yang memiliki kelimpahan ekosistem yaitu Pantai Sancang. Pantai Sancang merupakan pantai yang berada di Kabupaten Garut. Pantai Sancang masuk pada wilayah cagar alam karena jarang dijamah oleh pengunjung, sehingga memiliki berbagai macam biota laut seperti ikan, lamun, Makroalga, molusca, crustaceae,

ehinodermata, dan terumbu karang. Oleh karena itu, terjadinya asosiasi antara biota laut, salah satunya asosiasi Makroalga dengan Echinodermata.

Echinodermata merupakan ekosistem yang berperan penting sebagai bioindikator kualitas perairan dan sebagai perombak sisa-sisa bahan organik yang tidak terpakai lagi. Sedangkan Makroalga berperan sebagai produsen karena dijadikan makanan bagi biota laut seperti Echinoidea, sebagai tempat pemijahan bagi biota laut seperti Holothuroidea, sebagai habitat dan tempat perlindungan bagi biota laut seperti Holothuroidea, Asteroidea, dan Ophiuroidea. Berdasarkan peranan di atas dapat disimpulkan bahwa Makroalga berasosiasi dengan Echinodermata.

Penelitian mengenai asosiasi pernah dilakukan pada tahun 2020 mengenai asosiasi lamun dengan Echinodermata yang berlokasi di Ciporeang, Cikolombran, Cipunaga, Cipangikisan. Berdasarkan hasil observasi, di Pantai Sancang memiliki potensi asosiasi Makroalga dan Echinodermata yang cukup tinggi. Berdasarkan pencarian sumber dan literatur yang dilakukan oleh peneliti yaitu belum ditemukannya penelitian mengenai asosiasi Makroalga dengan Echinodermata di zona litoral Pantai Sancang. Kemudian, tidak adanya dokumentasi secara tertulis mengenai kepadatan, penutupan, indeks keanekaragaman, indeks nilai penting, indeks dominansi, dan indeks pemerataan di zona litoral Pantai Sancang.

Berdasarkan uraian di atas solusi yang akan dilakukan peneliti yaitu melakukan penelitian mengenai asosiasi Makroalga dengan ehinodermata di zona litoral Pantai Sancang dan melakukan dokumentasi tertulis mengenai kepadatan Echinodermata, penutupan Makroalga, indeks keanekaragaman, indeks nilai penting, indeks dominansi, dan indeks pemerataan dari asosiasi Echinodermata dengan Makroalga di zona litoral Pantai Sancang. Hasil dari penelitian ini akan dibuatkan buku saku sebagai suplemen bahan ajar biologi.

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan jawaban sementara pada rumusan masalah yang telah dinyatakan dalam bentuk pertanyaan (Sugiyono, 2021:99). Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Ha: Terdapat asosiasi pada kelompok Echinodermata dengan kelompok Makroalga di zona litoral Pantai Sancang Kabupaten Garut

Ho: Tidak terdapat asosiasi pada kelompok Echinodermata dengan kelompok Makroalga di zona litoral Pantai Sancang Kabupaten Garut