

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian pustaka

a. Pengertian gastropoda

Gastropoda merupakan kelompok benthos yang akrab disebut hewan siput atau keong, gastropoda diambil dari bahasa Yunani yang berarti (*gaster*= perut) dan (*poda*= kaki). Gastropoda termasuk hewan dengan keanekaragaman tinggi, baik dalam hal bentuk, ukuran, serta perilaku. Beberapa spesies gastropoda memiliki ukuran tubuh yang hanya berukuran beberapa milimeter saja, sedangkan beberapa spesies lainnya dapat memiliki ukuran tubuh yang lebih besar. Tubuh gastropoda merupakan tubuh yang lunak serta memiliki pergerakan yang lambat, alat pergerakan hewan ini dibantu oleh perut geraknya (Perada, 2023). Pada umumnya gastropoda memiliki cangkang tunggal untuk melindungi tubuhnya, berbentuk melingkar atau mengerucut disertai warna, serta pola yang beragam. Fungsi dari cangkang ini yaitu sebagai alat pelindung utama serta sebagai tempat tinggal bagi gastropoda. Tetapi, beberapa jenis gastropoda memiliki cangkang yang lebih tipis atau bahkan tidak memiliki cangkang sama sekali, sehingga terpapar langsung di lingkungan. Proses pembentukan cangkang pada gastropoda sudah terbentuk saat masa embrio berlangsung. Hal ini dijelaskan oleh Waha *et al.* (2023) yang mengatakan bahwa sejak embrio cangkang gastropoda sudah terpilin dan membentuk spiral.

Gastropoda merupakan kelas terbesar dari filum moluska yang mendominasi kurang lebih sekitar 80% dari kelas lainnya pada filum ini (Musrifah, 2024), dan merupakan biota yang sangat efisien. Jenis gastropoda yang beradaptasi dengan substrat mampu memanfaatkan bahan dasar organik yang terkandung di dalam substrat tersebut sebagai sumber makanan untuk mereka. Oleh karena itu gastropoda merupakan hewan *filter feeder* (Gea *et al.* 2020). Beberapa spesies gastropoda mampu mentoleransi lingkungan yang ekstrem dan dinamis. Cara gastropoda beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem dilakukan dengan beberapa cara, baik dari aspek morfologi, perilaku, maupun fisiologi tubuhnya. (Arianti & Sitompul 2021). Seperti terbentuknya cangkang gastropoda

yang kuat serta tebal sebagai perlindungan terhadap potensi predator yang bisa mengancamnya, sehingga dapat menyesuaikan diri terhadap kondisi substrat yang ditempatinya. Selain itu, gastropoda memiliki kemampuan untuk melakukan perubahan proses metabolisme tubuh dengan cara menurunkan laju metabolisme serta menurunkan kadar aktivitas normalnya pada saat kondisi lingkungan tidak cukup mendukung, seperti halnya melakukan aktivitas yang lebih aktif pada malam hari untuk menghindari suhu tinggi yang berpotensi menurunkan kelembapan habitat di siang hari.

Gastropoda memiliki kelenjar lendir, sehingga menghasilkan lendir dari tubuhnya untuk menjaga kelembapan tubuhnya serta membantunya dalam bergerak. Hewan ini biasanya melekat pada batang, akar pepohonan, serta membenamkan diri pada permukaan substrat (Azmin *et al.*, 2022). Gastropoda juga menjadi salah satu anggota dari filum moluska yang berasosiasi dengan baik terhadap ekosistem mangrove (Yeni 2022). Hal ini dikarenakan kawasan mangrove dapat menjadi wilayah tempat asuhan yang dapat memenuhi kebutuhan gastropoda untuk memenuhi kebutuhan makan, sebagai tempat berlindung, dan tempat bereproduksi (Akbar, Arsepta, Dewiyanti, & Bahri Samsul, 2019).

Dalam segi ekologi gastropoda mampu untuk melakukan transfer energi dan nutrisi bagi kesehatan ekosistem. Sehingga gastropoda dinilai sebagai komponen yang begitu penting dalam proses mekanisme rantai makanan yang terjadi di dalam ekosistem mangrove. Statusnya sebagai konsumen primer berguna sebagai sumber makanan yang diperlukan bagi biota lainnya. Gastropoda mengonsumsi material tumbuhan seperti dari jatuhnya dedaunan tumbuhan mangrove yang kemudian diuraikan menjadi bentuk lebih sederhana melalui proses ekskresi dan aktivitas metabolisme yang dilakukan, sehingga gastropoda termasuk dekomposer karena mereka mampu menguraikan material organik yang telah mati menjadi sumber nutrisi yang bisa digunakan kembali oleh lingkungan (Laksono *et al.*, 2023). Beberapa jenis gastropoda juga memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Keberagaman variasi bentuk dan motif cangkangnya dapat dijadikan hiasan yang bernilai, dagingnya dapat dijadikan sebagai hidangan makanan lezat berprotein tinggi yang baik bagi tubuh (Supusena, 2018). Gastropoda cenderung memiliki

pergerakan yang sangat lambat, bahkan beberapa dari spesies berperilaku teritorial, dimana perilaku ini yang menjadikan gastropoda cenderung mempertahankan suatu wilayah tertentu sebagai tempat tinggal. Namun apabila pada tempat tersebut terjadi tekanan eksternal, mereka dapat berpindah untuk mencari tempat yang lebih aman. Berdasarkan hal ini gastropoda dapat dijadikan sebagai bioindikator suatu lingkungan karena kemampuannya yang peka terhadap perubahan kualitas air di habitatnya apabila ekosistem sekitarnya terganggu (Supusena 2018).

b. Karakteristik Gastropoda

1) Sistem Pencernaan Gastropoda

Secara umum saluran pencernaan makanan pada gastropoda dimulai dari rongga mulut, kemudian dilanjutkan menuju faring (dengan radula), esofagus, tembolok, lambung, usus, rectum, dan yang terakhir anus. Susunan pada bagian kelenjar pencernaan gastropoda terdiri atas kelenjar ludah, hati, dan pankreas. Mulut merupakan organ pertama dalam proses pencernaan makanan pada gastropoda, dilengkapi dengan radula sebagai pelumat makanan yang masuk ke mulut. Makanan berupa tumbuh-tumbuhan akan diambil masuk ke dalam mulut, kemudian radula akan bekerja untuk melumat makanan sehingga menjadi partikel yang lebih kecil. Proses ini memberikan manfaat untuk gastropoda sehingga memudahkan makanan agar dapat dicerna secara optimal dalam tubuhnya. Makanan yang telah hancur kemudian masuk ke dalam esofagus sebagai penghubung mulut dengan lambung setelah makanan berada dalam esofagus kemudian dengan bantuan otot-otot makanan terus melakukan pergerakan menuju ke arah lambung. Setelah sampai di dalam lambung makanan mengalami proses kimiawi karena terpapar oleh enzim-enzim pencernaan dan asam lambung. Enzim-enzim tersebut yaitu protease, amilase, dan lipase yang bekerja untuk memecahkan molekul besar makanan yang masuk menjadi molekul yang lebih sederhana, sehingga dapat dengan mudah diserap dinding usus gastropoda (Rusyana, 2011). Selain itu, adanya asam lambung turut membantu dalam pencernaan dan pelindung dari mikroorganisme yang terbawa masuk oleh makanan.

2) Sistem Pernapasan Gastropoda

Tidak semua jenis gastropoda memiliki sistem pernapasan yang sama, hal ini dapat dibedakan berdasarkan habitat tempat hidupnya. Gastropoda yang hidup di darat menggunakan paru-paru, sedangkan gastropoda yang hidup di air bernafas dengan menggunakan insang. Adapula beberapa jenis gastropoda yang hidup di air tidak bernafas menggunakan insang, namun jenis gastropoda seperti ini mempunyai rongga mantel yang terdiri atas paru-paru sederhana untuk menghirup oksigen dari udara (Rosario, Anwari, Rifanjani, & Darwati, 2019).

3) Sistem Peredaran Darah

Setiap gastropoda yang menempati ekosistem berbeda akan berbeda juga organ pernapasannya. Gastropoda yang hidup di darat menggunakan organ paru-paru sedangkan gastropoda yang hidup di perairan menggunakan organ insang untuk bernafas (Hendriana, 2019). Organ paru-paru dan insang merupakan organ pernafasan yang termodifikasi dari rongga mantel yang menyimpan banyak kapiler darah di dalamnya.

Adapun susunan sistem peredaran darah gastropoda meliputi jantung dalam *vacum pericardi*, letaknya di bagian tubuh bagian depan yang dekat dengan insang yang terdiri dari dua atau tiga serambi dan satu ventrikel sebagai tempat dialirkannya hemolimfa. Dari ujung ventrikel keluar aorta memiliki dua cabang, yaitu: (a) Cabang yang mengarah ke anterior, mensuplai darah bagian tubuh sebelah anterior (kepala) kemudian membelok ke arah ventral menjadi *arteria pedalis* yang mensuplai darah ke arah bagian kaki; (b) Cabang yang mengarah ke posterior, mensuplai darah ke viscera, terutama ke kelenjar pencernaan, ventrikel, dan ovotestes. Darah gastropoda mengandung pigmen pernafasan yang berwarna biru (haemocyanin), berfungsi dalam mengikat oksigen, zat-zat makanan, dan sisa metabolisme. Gastropoda memiliki sistem peredaran darah terbuka yang menjadi ciri khas dari filum moluska (Nusseur, Hanke, Hanszprunar, & Jorger, 2019). Dengan sistem peredaran darah terbuka, darah tidak sepenuhnya tertutup di dalam pembuluh darah yang berarti terdapat darah yang mengalir di luar pembuluh darah (hemolimfa). Hemolimfa merupakan cairan darah yang tidak mengandung sel darah merah atau hemoglobin, di dalamnya mengandung protein yang membantu dalam

transportasi oksigen melalui insang ke seluruh tubuh (Machałowski & Jesionowski 2021).

4) Sistem Ekskresi

Gastropoda memiliki alat ekskresi melalui nefridia berupa ginjal yang berperan dalam menghasilkan urin melalui penyaringan cairan tubuh (Lumenta, 2017). Setelah cairan tubuh telah terfiltrasi di dalam ginjal terjadi penyerapan beberapa zat yang berguna bagi tubuh melalui proses reabsorpsi. Namun, zat limbah yang tidak berguna akan disekresikan sehingga membentuk urin. Urin yang telah terbentuk tidak langsung dikeluarkan dari tubuh. Urin dapat ditampung terlebih dahulu di dalam kantung-kantung kecil (*excretorius*) sebelum dikeluarkan dari tubuh melalui lubang ekskresi. Alat ekskresi pada gastropoda melalui nefridia berupa ginjal. Hasil ekskresi dikeluarkan dalam rongga mantel. Ukuran sepasang ginjal pada gastropoda tidak memiliki ukuran yang sama, ginjal kanan lebih besar daripada ginjal kiri tetapi tetap berfungsi sebagai organ ekskresi untuk memproses filtrat yang masuk ke dalam rongga perikardium melalui dinding jantung (Leu *et al.* 2021).

5) Sistem Saraf

Gastropoda merupakan hewan yang cenderung bergerak lambat, organ indera yang dimiliki relatif sederhana (Isnaeni, 2019). Gastropoda mempunyai serangkaian jumlah ganglia yang letaknya tersebar di sepanjang tubuh, ganglia utama terdapat di dekat esofagus. Beberapa ganglia saling berhubungan dengan adanya serat saraf dan membentuk rangkaian simsul saraf. Aktivitas motorik dan sensorik pada tubuh gastropoda dikendalikan oleh ganglia.

6) Sistem Reproduksi

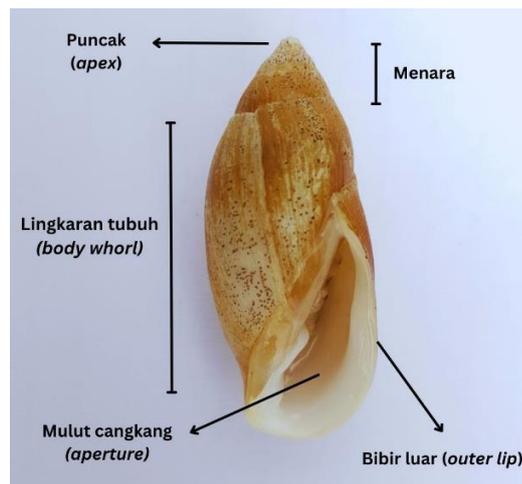
Satu individu gastropoda memiliki sistem reproduksi kombinasi. Ovum dan spermatozoa sama-sama dibentuk di dalam ovotestis. Sistem ini memproduksi ovum dan sperma yang menjadikan gastropoda sebagai hewan hermafrodit, tetapi dalam proses fertilisasi tetap diperlukan spermatozoa yang diberikan dari individu lain. Hal ini dikarenakan spermatozoa dan individu yang sama tidak dapat melakukan fertilisasi (Fitriani, 2022).

7) **Organ Reseptor**

Gastropoda memiliki tiga reseptor utama yaitu: (a) Kemoreseptor, letaknya berada pada tentakel yang pendek; (b) Photoreseptor, merupakan susunan mata sederhana yang dilengkapi dengan lensa, reseptor, dan sel-sel pigmen; (c) Statoreseptor, yaitu berupa statokost (Fitriani, 2022). Selain daripada itu, seluruh tubuh gastropoda dapat peka terhadap stimulan lainnya.

8) **Morfologi Gastropoda**

Sebagian gastropoda memiliki cangkang sebagai pelindung tubuhnya. Cangkang gastropoda sangat bervariasi dalam bentuk, ukuran, dan corak. Pada umumnya bercangkang tunggal namun beberapa jenis diantaranya didapati pula yang sama sekali tidak mempunyai cangkang. Cangkang gastropoda tersusun atas zat yang terbuat dari bahan kalsium karbonat dengan bagian luar yang dilapisi oleh periostrakum serta berzat kapur atau berzat tanduk (Bancin *et al.* 2020). Bentuk cangkang gastropoda ada yang berputar berlawanan dengan arah jarum jam dan ada juga yang berputar searah dengan jarum jam. Pada umumnya putaran arah cangkang mengarah ke arah kanan (dekstral) dan biasanya gastropoda dengan arah putaran cangkang seperti ini mempunyai operkulum (operculum) untuk melindungi tubuhnya. Tipe cangkang dengan arah putaran ke arah kiri (sinistral) pada umumnya dimiliki oleh gastropoda yang hidup di daratan (Bancin *et al.*, 2020). Cangkang gastropoda berasal dari 4 lapisan utama, lapisan terluar adalah periostrakum dengan ketebalan tipis yang tersusun dari bahan protein seperti zat tanduk (conchiolin). Selanjutnya lapisan kalsium karbonat yang terdiri dari 3 lapisan atau bahkan lebih dan lapisan terluar adalah prismatic atau palisade (Purnama, 2022).



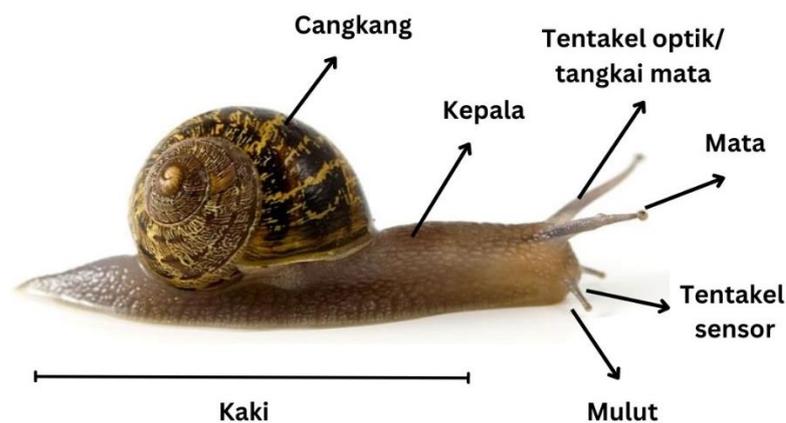
Gambar 2.1. Morfologi Cangkang Gastropoda

Sumber : Dokumentasi peneliti

Ciri-ciri umum morfologi cangkang gastropoda dapat dilihat pada gambar 2.1 yang meliputi (1) puncak (apex), bagian ini merupakan bagian tertua yang terbentuk pada saat gastropoda masih berupa larva, bentuknya dapat meruncing maupun tumpul; (2) lingkaran tubuh (body whorl), bagian ini merupakan struktur cangkang yang paling besar untuk menutupi tubuh gastropoda, ukuran body whorl akan terus tumbuh mengikuti pertumbuhan gastropoda; (3) mulut cangkang (aperture), bagian ini merupakan lubang cangkang yang berfungsi untuk tempat keluar dan masuknya tubuh gastropoda, bentuknya dapat bervariasi dapat berbentuk menyerupai celah, bulat, maupun oval; (4) (outer lip), bagian ini merupakan tepi luar dari mulut cangkang (aperture), terdapat juga jenis gastropoda yang memiliki operculum sebagai penutup tubuh dibagian mulut cangkang.

Adapun gastropoda yang tidak memiliki cangkang dikenal sebagai gastropoda telanjang. Gastropoda telanjang merupakan gastropoda yang tidak memiliki cangkang atau cangkang dapat berukuran sangat kecil dan tereduksi, sehingga seluruh tubuhnya atau sebagian tubuhnya terpapar secara langsung dengan lingkungan (Setyawati *et al* 2022). Memiliki warna tubuh yang unik, bagian tubuh gastropoda telanjang terbagi dari bagian ventral dan dorsal. Ventral tersusun dari 3 bagian utama yaitu kepala, kaki perut, dan *hypotonum*. Dorsal dilapisi oleh notum dan terdapat pada organ *photoreceptors* berupa mata dorsal dan dorsal *papillae* (Perada, 2023).

9) Anatomi Gastropoda



Gambar 2.2 Anatomi Tubuh Gatsropoda

Sumber: Dibuat dengan Canva dimodifikasi dari Musrifah (2024)

Dalam struktur anatomi gastropoda pada umumnya dapat dilihat berdasarkan susunan tubuhnya yang terdapat pada gambar 2.2 di atas, meliputi: cangkang, kepala, badan, dan juga alat gerak. Pada bagian kepala terdapat sepasang organ peraba yang bisa dipanjang pendekkan (tentakel). Alat peraba ini dilengkapi oleh titik mata yang berfungsi dalam membedakan terang dan gelap. Pada bagian tubuh gastropoda dilengkapi oleh tentakel dengan mata di ujung tentakel yang dapat membantunya untuk membedakan perbedaan antara terang dan gelap, serta kaki yang lebar disertai otot pada bagian perut yang digunakan untuk berjalan (Ahmad, 2018). Kaki tersebut menyerupai flat serta memiliki silia dengan sel kelenjar mukosa yang cukup banyak di dalamnya, sel kelenjar mukosa ini dapat menghasilkan lendir yang berfungsi untuk melumasi tubuhnya supaya selalu lembab serta mempermudah pergerakan, sehingga mempermudah gastropoda untuk merayap diatas substrat. Oleh karena itu, setiap gastropoda berjalan akan meninggalkan jejak lendir (Safitri *et al* 2023). Pada bagian mulut terdapat radula (lidah parut) dan gigi rahang untuk membantu dalam mengunyah dan melumat makanan, sehingga dapat mempermudah makanan untuk dicerna dalam tubuh. Pada kebanyakan gastropoda memanfaatkan radulanya untuk memakan alga atau tumbuhan, namun terdapat beberapa spesies yang berperan sebagai predator juga,

dan radulanya termodifikasi sehingga dapat dipakai untuk melubangi cangkang moluska yang lain serta mencabik-cabik mangsa (Purnama, 2022).

c. **Habitat Gastropoda**

Gastropoda merupakan salah satu kelompok hewan dengan keberagaman jenis yang tinggi, hewan ini dapat ditemukan pada lingkungan yang beragam di hampir semua belahan dunia, baik di lingkungan tropis maupun subtropis. Sebarannya luas serta mampu beradaptasi di beragam habitat, baik beradaptasi di laut, air tawar, pasir hingga substrat berlumpur (Islamy & Hasan 2020).

Beberapa jenis gastropoda hidup di wilayah dengan substrat yang halus, hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki karakteristik substrat halus berupa lumpur dan lumpur berpasir, sehingga memudahkan gastropoda untuk bergeser dan bergerak ke tempat lain. Selain itu, Banggi *et al.* (2023) menambahkan substrat bertekstur halus seperti lumpur dan lumpur berpasir juga kaya akan kadar nutrisi di dalamnya daripada substrat bertekstur kasar. Sehingga memudahkan gastropoda untuk memenuhi nutrisi makanan yang dibutuhkan oleh tubuhnya.

d. **Klasifikasi Gastropoda**

Klasifikasi gastropoda dalam ITIS, 2023 (*Integrated Taxonomic Information System, 2023*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
 Subkingdom : Bilateria
 Infrakingdom : Protosmia
 Superphylum : Lophozoa
 Phylum : Mollusca
 Class : Gastropoda

Sumber: ITIS, 2023 (*Integrated Taxonomic Information System, 2023*)

Kelas gastropoda merupakan salah satu hewan yang dikaji dalam ilmu zoologi avertebrata dengan jumlah spesies terbesar dari filum moluska. Lebih dari jumlah 50.000 spesies yang berhasil teridentifikasi dan 15.000 lainnya teramati dalam bentuk fosil. Melimpahnya jenis gastropoda membuat hewan ini mudah

untuk ditemukan dan di jumpai, baik di ekosistem daratan maupun perairan (Safitri et al., 2023).

Pada umumnya gastropoda dapat ditemukan di berbagai lingkungan. Kemampuannya dalam beradaptasi yang luar biasa berdasarkan segi morfologi, anatomi, dan juga fisiologi memungkinkan mereka untuk bertahan hidup dalam ekosistem yang cukup ekstrim sehingga gastropoda dapat ditemukan baik di perairan laut, perairan tawar, hingga daratan. Gastropoda merupakan hewan yang berjalan menggunakan perut. Berdasarkan alat pernafasannya Hickman *et al* (2008) mengemukakan kelas gastropoda terbagi menjadi tiga sub-kelas yaitu *Prosobranchia*, *Ophistobranchia*, dan *Pulmonata*.

1) *Prosobranchia*

Prosobranchia merupakan subkelas terbesar dari kelas gastropoda. Subkelas ini sebagian besar merupakan siput air yang menggunakan dua buah insang sebagai alat pernafasannya, terletak di bagian depan tubuh (anterior), sistem syarafnya terpilin menyerupai angka delapan, memiliki satu buah tentakel optik dan satu buah tentakel sensorik, alat reproduksi dengan jenis kelamin terpisah (hermafrodit), pada umumnya cangkang memiliki operkulum yang berfungsi sebagai penutup tubuh (Iqwanda, 2021). Sebagian besar *Prosobranchia* hidup di ekosistem laut, beberapa dapat ditemukan di daratan seperti *Cyclophoridae* dan *Pulpinidae* yang menggunakan paru-paru sebagai alat pernafasannya dan juga yang hidup di perairan tawar seperti famili *Thiaridae*. Menurut Ahmad (2018) subkelas *Prosobranchia* terbagi menjadi tiga ordo, yaitu:

- a) Archaogastropoda; pada umumnya bersifat herbivora, memiliki karakteristik bentuk yang primitif, memiliki insang yang berjumlah 1 atau 2 buah insang bipectinate, cangkang berbentuk simetris sekunder, kebanyakan siput ini hidup di laut. Contoh Archaogastropoda yang dapat ditemukan di ekosistem mangrove, yaitu *Nerita sp* dan *Littoria sp*.
- b) Mesogastropoda; Kelompok ini pada umumnya hidup secara epifauna dan bersifat herbivora, memiliki 1 buah insang dengan karakteristik insang unipectinate, umumnya hidup di laut, mulut dilengkapi radula dengan 7 buah gigi melintang dalam satu baris. Contoh Mesogastropoda yang dapat

ditemukan di ekosistem mangrove, yaitu *Cerithium spp*, *Batillaria spp* dan *Melampus spp*.

- c) Neogastropoda; Kelompok ini merupakan ordo dari Prosobranchia dengan jumlah jenis terbanyak yang umumnya merupakan karnivora sebagai predator. Memiliki 1 buah insang dengan karakteristik *unipectinate* dan ada sebagian yang *bipectinate*, mulut dilengkapi radula dengan 3 buah gigi di setiap deretnya, memiliki tepi cangkang bertakik. Sebagian besar spesies hidup di laut dan melakukan fertilisasi internal. Contoh Neogastropoda yang dapat ditemukan di ekosistem mangrove, yaitu *Thais spp*, *Nassarius spp* dan *Conus spp*

2) Opisthobranchia

Subkelas Opisthobranchia merupakan subkelas paling sedikit dalam kelas Gastropoda. Bersifat herbivora, memiliki dua buah insang yang terletak di bagian belakang tubuh (*posterior*). Semua individu memiliki alat reproduksi dengan jenis kelamin terpisah (hermafrodit). Sebagian besar hidup di ekosistem laut dengan cangkang yang relatif tipis dan umumnya terletak di dalam mantel bahkan dapat tereduksi dan tidak didapati cangkang sama sekali. Menurut Kazloff (1990) sub kelas Opisthobranchia terbagi menjadi sembilan ordo yaitu:

- a) Ordo Nudribranchia; merupakan siput dengan cangkang yang tereduksi, memiliki warna tubuh yang lebih cerah dan menarik, tidak memiliki insang sejati sehingga bernapas dengan bantuan insang sekunder yang terdapat di sekeliling anus, tidak memiliki rongga pada tubuhnya, pada permukaan dorsal terdapat organ menyerupai antena (rhizophores) sebagai organ penciuman. Contoh: *Phyllidia sp*
- b) Ordo Chepalaspidea; siput dengan cangkang eksternal dan tipis, beberapa jenis memiliki cangkang internal, bentuk kepala berukuran besar yang dilengkapi dengan tentakel pendek. Contoh: *Bullina lineata*
- c) Ordo Thecosomata: Cangkang berbentuk kerucut atau selubung yang cukup tipis, memiliki rongga mantel yang berukuran besar, parapodia lebar, dan merupakan hasil modifikasi dari kaki yang digunakan untuk bergerak dan

berenang di dalam air, pada umumnya siput ini berukuran mikroskopis dan bersifat planktonik. Contoh: *Limacina*

- d) Ordo Gymnosomata: Siput dengan cangkang terbuka dan tanpa mantel, memiliki parapodia sempit, berukuran mikroskopik dan bersifat planktonik. Contoh: *Clion*
- e) Ordo Sacoglosa atau Ascoglosa; siput tanpa cangkang, terdapat radula yang digunakan untuk mengisap cairan, serta memiliki kemampuan mimikri. Contoh: *Thuridilla gracillis*
- f) Ordo Anaspidae; siput dengan cangkang yang tereduksi, rongga mantel pada sisi sebelah kanan berukuran kecil dan tertutup oleh parapodia yang lebar. Contoh: *Aplysia*
- g) Ordo Acochliidae; pada umumnya memiliki ukuran tubuh yang sangat kecil, tidak memiliki cangkang eksternal, tubuh dilindungi dengan lipatan kulit. Contoh: *Acochlidium fijiense*

3) ***Pulmonata***

Pulmonata merupakan satu-satunya sub kelas dari kelas gastropoda yang mampu beradaptasi dengan baik di habitat daratan dengan bantuan paru-paru sebagai alat pernafasan untuk menghirup oksigen. Pertukaran udara terjadi secara langsung tanpa bantuan media air, bersifat hermafrodit, memiliki cangkang yang berbentuk spiral dan juga terdapat yang tidak bercangkang sama sekali, memiliki satu atau dua buah tentakel pada bagian dorsal, salah satu diantaranya digunakan sebagai organ optik sebagai panca indera, rongga mantel terletak di interior tubuh (Hickman et al., 2008). Siput ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan lendir yang dikeluarkan dari tubuhnya, sekresi lendir ini memudahkannya untuk melakukan pergerakan di permukaan substrat serta sebagai pelumas tubuh yang dapat melindunginya dari kekeringan. Siput ini mudah untuk ditemukan di daratan dan perairan tawar. Menurut (Purbosari, 2020) subkelas *Pulmonata* terbagi menjadi empat ordo yaitu:

- a) Ordo Basommatophora; bernafas menggunakan paru-paru, cangkang eksternal relatif tipis atau transparan, memiliki sepasang tentakel di bagian dorsal, pada umumnya memiliki radula, ordo ini sebagian besar mudah di

temukan pada semua habitat air tawar sehingga beberapa spesies memiliki kemampuan untuk berenang di air atau bergerak perlahan di dasar perairan.

Contoh: *Physa scuta*.

- b) Ordo Archaeopulmonata; bernafas menggunakan paru-paru, memiliki dua pasang tentakel di bagian rostral, cangkang eksternal berbentuk kerucut, sebagian besar ordo ini dapat ditemukan berbagai tipe habitat darat dan beberapa di perairan tawar. Contoh: *Limax maximus*.
- c) Ordo Stylommatophora; memiliki tentakel berjumlah dua pasang, salah satu diantaranya berfungsi sebagai organ optik yang terletak di ujung tentakel, cangkang eksternal dengan tekstur yang kokoh, terdapat radula untuk melumat makanan, pada umumnya mudah ditemukan di berbagai habitat darat. Contoh: *Helix pomatia*.
- d) Ordo Systellommatophora; siput ini tidak memiliki cangkang eksternal, tubuhnya lembut serta memiliki bentuk yang pipih oval dengan bagian dorsal yang lebar. Contoh: *Testacella haliotidea*.

e. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan gastropoda

Keanekaragaman gastropoda dapat dipengaruhi oleh perubahan faktor lingkungan. Baik faktor fisik maupun faktor kimiawi.

1) Faktor Fisik

a) Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor fisika yang berperan penting untuk membantu laju metabolisme akuatik. Perubahan suhu dapat mempengaruhi proses fisika, kimia, serta biota perairan (Wardani *et al.*, 2018). Menurut Wulan (2022) bahwa suhu yang baik untuk kehidupan makrozoobenthos yaitu sebesar 25°C sampai dengan 30°C. Sedangkan menurut (Atnsari *et al.*, 2020) bahwa kisaran suhu yang ideal untuk pertumbuhan dan reproduksi gastropoda pada umumnya adalah 25°C-32°C.

b) Tipe Substrat

Karakteristik dari substrat pada suatu ekosistem dapat menentukan kepadatan dan komposisi hewan moluska, salah satunya gastropoda. Menurut Wulan (2022), gastropoda menyukai substrat berlumpur dikarenakan memiliki

tekstur yang lembut dan menyimpan kandungan nutrient yang lebih banyak dibandingkan dengan substansi yang teksturnya lebih kasar. Selain itu, bahan organik lebih mudah didapatkan pada unsur yang lembut, hal ini yang menjadikan gastropoda dapat bertahan hidup.

2) Faktor Kimiawi

a) Salinitas

Gastropoda yang tinggal di muara pada umumnya mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap terjadinya perubahan salinitas yang signifikan, hal ini dapat terjadi dikarenakan perairan muara mengalami fluktuasi antara air laut dan air tawar. Nilai salinitas yang diperoleh dari setiap stasiun diurutkan mulai dari yang tertinggi hingga terendah. Salinitas merupakan salah satu pengaruh penting terhadap persebaran gastropoda di ekosistem mangrove. Kisaran nilai optimum salinitas di perairan estuari adalah 5‰-35‰ (Nurfajrin & Rosada 2018). Sedangkan menurut Susanti (2018), menyatakan bahwa kisaran salinitas bagi kehidupan makrozoobentos (gastropoda) yang ideal adalah 25-40 ppt.

b) pH Air

Derajat keasaman (pH) sangat penting dalam keberlangsungan hidup organisme akuatik karena pH mampu mempengaruhi susunan zat dalam lingkungan perairan. Menurut pernyataan Amin *et al.* (2023), menyatakan bahwa kisaran pH yang berada antara 7-9 sudah dinyatakan cukup ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan makrozoobentos moluska (gastropoda).

c) Oksigen Terlarut (*Dissolved oxygen*)

Keberlangsungan proses respirasi bagi biota di suatu ekosistem perairan dibantu oleh kandungan oksigen di dalamnya (Rachman, 2020). Menurut Hasan *et al.* (2022) menyatakan bahwa gastropoda dapat bertahan hidup dengan nilai oksigen 5,00-8,00 mg/L. Kadar tersebut cukup mendukung bagi proses respirasi dan aktivitas metabolik gastropoda. Adapun jika kadar nilai oksigen terlarut terdapat di bawah 3 mg/L maka dapat mengakibatkan stres dan kadar di bawah 2 mg/L dianggap merupakan kadar terendah yang mengancam terjadinya kematian pada gastropoda.

f. Fungsi dan Peranan Umum gastropoda pada Ekosistem Mangrove

Keanekaragaman gastropoda pada ekosistem mangrove memiliki peranan yang sangat penting dalam segi ekologi karena keterkaitannya dengan rantai makanan di dalamnya. Selain itu, Ashuri *et al* (2022) menyatakan bahwa gastropoda membantu menstabilkan lingkungan dengan cara memakan destritus dan material organik dari jatuhan daun mangrove yang telah membusuk. Hal ini mendukung terjaganya siklus dekomposisi dan kualitas air pada ekosistem mangrove. Menurut Andriati *et al* (2020) gastropoda juga memiliki peranan cukup penting dalam segi ekonomi karena memiliki harga jual yang cukup tinggi, karena cangkangnya dapat dimanfaatkan sebagai hiasan dengan harga jual yang mahal dan beberapa gastropoda juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan kaya akan protein yang baik bagi tubuh.

g. Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan sebuah sistem yang terjadi secara alami sebagai tempat berlangsungnya kehidupan yang merepresentasikan hubungan timbal balik yang terjadi antara makhluk hidup dan lingkungannya serta keberadaan makhluk hidup itu sendiri. Terdapat pada wilayah pesisir, terpengaruh oleh pasang surut air laut, dan didominasi oleh jenis pohon atau semak yang mampu bertahan dalam lingkungan bersalinitas tinggi, seperti perairan asin atau payau (Sukiman & Dewi 2017).

Berdasarkan uraian di atas hutan mangrove dapat dikatakan sebagai ekosistem peralihan antara darat dan laut yang dipenuhi oleh vegetasi pantai tropis dan sub-tropis serta didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove di dalamnya. Terdapat di sepanjang bibir pantai dan muara sungai pada wilayah estuari (Nanlohy & Masniar 2020)

Hutan mangrove mampu menjadi salah satu solusi yang dibutuhkan untuk mengatasi berbagai permasalahan lingkungan. Hutan mangrove memberikan berbagai manfaat bagi ekosistem maupun bagi masyarakat di sekitarnya: seperti akar pohonnya yang mampu menjadi penahan abrasi yang dapat merusak pengikisan daerah pesisir pantai, berperan dalam penurunan emisi gas rumah kaca dengan penyerapan yang dilakukan oleh tubuhnya sehingga mampu mengubah

karbon dioksida menjadi karbon organik, sebagai proteksi terhadap bencana alam tsunami yang masuk ke daratan, mampu memproduksi nutrisi untuk keberlangsungan hidup biota laut, serta pemanfaatan pohonnya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber mata pencaharian bagi masyarakat (Fitriani, 2022).

Sejalan dengan pendapat pendapat dari Febrina & Pangestuti (2013) dengan adanya hutan mangrove, banyak manfaat yang dapat diperoleh diantaranya: menjaga abrasi pantai supaya tetap stabil dari bahaya abrasi, menahan laju gelombang tsunami yang masuk ke daratan, dapat mengurangi emisi karbon sebagai upaya penanggulangan dampak dari pemanasan gelombang, habitat berbagai jenis satwa, sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*), mengasuh dan membesarkan (*nurse ground*), dan memijah (*spawning ground*), sumber mata pencaharian dan produksi jenis hasil hutan dan objek wisata

h. Buku Digital Sebagai Suplemen Bahan Ajar

Suplemen bahan ajar merupakan bahan ajar yang menjadi pendamping tambahan dari bahan ajar pokok yang telah diterbitkan oleh pemerintah. Konteks dari suplemen bahan ajar yaitu menyajikan pengembangan materi dari materi pokok yang lebih luas (Sanjaya, 2023).

Salah satu suplemen bahan ajar yaitu buku digital (*e-book*) sebagai salah satu media pembelajaran berbentuk file yang berisi informasi berupa teks disertai gambar, audio, atau video pendukung yang dikemas secara digital. *E-book* dirancang sebagai alternatif dari pemanfaatan teknologi dalam memfasilitasi proses belajar dan mengajar yang terorientasi dan bersifat formal. Hal ini dapat membantu pendidik dan peserta didik dalam memaksimalkan proses belajar dan mengajar.

Menurut Widiyanti & Kurniawan (2021) mengatakan bahwa *e-book* memiliki berbagai kelebihan, selain penggunaannya yang praktis untuk diakses di mana saja dan kapan saja, performa *e-book* juga lebih menarik serta memiliki harga yang terjangkau. Hal ini diperkuat oleh Santoso *et al* (2018), bahwa penggunaan *e-book* pada proses belajar dan mengajar mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Selain konteksnya yang informatif, *e-book* juga dinilai lebih menarik dan praktis. Dengan keunggulan tersebut adanya *e-book* diharapkan dapat memberikan motivasi terhadap peserta didik, serta turut membantu pemahaman materi.

2.2 Hasil penelitian yang relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini telah dilakukan di zona litoral perairan gunung Cut Kab. Aceh Selatan oleh Iqwanda (2021). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan indeks keanekaragaman gastropoda yang diperoleh yaitu $H' = 2,57740163$ yang berarti bahwa keanekaragaman spesies gastropoda berada pada tingkat sedang. Output dari penelitian ini berupa buku sebagai bahan ajar pendukung materi Keanekaragaman Hayati dengan persentase kelayakan yang diperoleh sebesar 78,84%

Penelitian yang relevan selanjutnya telah dilakukan di pantai Pangi Kab. Blitar oleh Nafi'ah (2019). Hasil dari penelitian ini menunjukkan keanekaragaman gastropoda termasuk dalam kategori sedang diperoleh dengan nilai $H' = 2,475$. Penelitian ini menghasilkan produk dalam bentuk media poster yang dapat digunakan sebagai pendukung media pembelajaran biologi.

Penelitian yang relevan selanjutnya telah dilakukan di danau Lut Tawar Kab. Aceh Tengah oleh Arita (2018). Hasil dari penelitian ini menunjukkan keanekaragaman gastropoda termasuk dalam kategori sedang dengan nilai $H' = 1,0305$. Output hasil dari penelitian ini dijadikan sebagai buku ajar, LKPD, dan video pembelajaran biologi.

2.3 Kerangka konseptual

Gastropoda merupakan kelas hewan dari filum moluska dengan jumlah tertinggi dan paling beragam. Gastropoda dapat hidup di berbagai habitat, sehingga keberadaannya mudah dijumpai karena persebarannya yang luas. Dapat ditemukan dekat dari permukaan air atau bahkan jauh dari permukaan air, bahkan dapat ditemukan pula di kedalaman air.

Dalam keberlangsungan kehidupan keberadaan gastropoda memiliki peran yang penting, karena kemampuannya dalam melakukan mekanisme daur ulang serta perputaran hara yang dihasilkan dari sampah-sampah organik di lingkungan. Keanekaragaman gastropoda pada suatu ekosistem sangat berkaitan erat dengan terjaganya ekosistem dan kondisi kawasan tersebut, sehingga keberadaan gastropoda dapat dimanfaatkan sebagai hewan bioindikator alami serta memiliki peranan sebagai detritivor dalam suatu ekosistem.

Kelompok gastropoda memiliki keberagaman warna dan bentuk cangkang yang menarik, hal tersebut menjadikan cangkang gastropoda dapat dimanfaatkan menjadi hiasan yang unik. Tidak hanya itu, dagingnya yang kaya akan protein menjadikan gastropoda sebagai salah satu sumber protein hewani yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

Muara cikidang merupakan salah satu muara yang terdapat di kabupaten Pangandaran yang dimanfaatkan menjadi pelabuhan perahu kecil milik masyarakat sekitar serta sebagai tempat perdagangan ikan laut secara regional. Kawasan Muara Cikidang juga menyimpan potensi kelimpahan keanekaragaman hayati berupa hewan maupun tumbuhan yang dapat memberikan peranan dalam ilmu pengetahuan, salah satunya gastropoda.

Muara Cikidang memiliki potensi dalam mengalami penurunan kualitas air yang disebabkan oleh terjadinya pendangkalan (sedimentasi) serta buangan limbah seperti limbah dari aktivitas perdagangan ikan laut secara regional yang setiap hari dibuang ke muara. Hal tersebut dapat berdampak terhadap perubahan struktur ekosistem, utamanya perubahan terhadap luas habitat bagi biota yang hidup di kawasan muara Cikidang Kabupaten Pangandaran. Beberapa jenis gastropoda sebagai salah satu biota yang sensitif terhadap perubahan lingkungan mampu merasakan secara langsung dampak pencemaran yang terjadi.

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan oleh peneliti, ditemukan beberapa jenis gastropoda yang dibedakan berdasarkan bentuk, warna, dan corak cangkangnya, salah satu jenis gastropoda yang mudah ditemui di Muara Cikidang adalah *Faunus ater* yang akrab dengan sebutan nama keong susuh oleh masyarakat sekitar, biasa dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai salah satu sumber protein hewani yang bisa dikonsumsi. Kehadiran *Faunus ater* yang mudah dijumpai pada saat pelaksanaan observasi berlangsung mengindikasikan kawasan muara Cikidang menyimpan potensi keanekaragaman gastropoda di dalamnya yang perlu untuk diamati.

Berdasarkan uraian fenomena yang terjadi di muara Cikidang oleh adanya aktivitas masyarakat yang dapat mencemari perairan muara Cikidang, serta peran penting gastropoda sebagai bioindikator status perairan dalam suatu ekosistem,

telah membuat peneliti tertarik untuk melakukan pengamatan mengenai keanekaragaman gastropoda pada ekosistem mangrove di sekitar Muara Cikidang. Hasil dari pelaksanaan penelitian ini akan dijadikan *output* berupa buku digital (*e-book*) untuk bidang pendidikan sebagai suplemen bahan ajar biologi yang dapat menjadi salah satu suplemen alternatif yang dapat menunjang pembelajaran serta pemahaman materi peserta didik.

2.4 Pertanyaan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka pertanyaan penelitian pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Spesies gastropoda apa saja yang dapat diidentifikasi pada ekosistem mangrove di sekitar Muara Cikidang Kabupaten Pangandaran?
- b. Bagaimana parameter lingkungan seperti pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), suhu, serta substrat yang terdapat pada ekosistem mangrove di sekitar Muara Cikidang Kabupaten Pangandaran?
- c. Bagaimana indeks ekologi seperti indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), indeks dominansi (C), dan kerapatan yang terdapat pada ekosistem mangrove di sekitar Muara Cikidang Kabupaten Pangandaran?
- d. Bagaimana pemanfaatan dari hasil penelitian mengenai keanekaragaman gastropoda sebagai suplemen bahan ajar biologi?