

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau dan dengan garis pantai sepanjang 81.209 km, terpanjang kedua setelah Kanada. Sekitar 60% wilayah kedaulatan Indonesia merupakan laut. Secara geografis negara Indonesia terletak pada posisi yang strategis, diapit oleh dua samudra dan dua Benua yang memungkinkan terjadinya pertukaran massa air, sehingga berpengaruh terhadap distribusi dan kelimpahan biota laut. Sebagai negara tropis, Indonesia juga dikenal sebagai negara yang memiliki wilayah pesisir dan laut menyimpan berbagai sumber daya alam.

Pantai adalah daerah yang membentuk batas langsung antara laut dan daratan. Pantai seolah membentuk garis imajiner antara laut dan daratan. Pesisir ini tidak terlihat namun niscaya membatasi daratan wilayah laut. Wilayah pesisir adalah wilayah yang berbatasan dengan daratan dan laut, ekosistem pesisir memainkan peran yang sangat penting dan termasuk yang paling berharga di Bumi karena memberikan jasa yang berkaitan dengan keseimbangan lingkungan. Menurut Soendjoto (2016), wilayah pesisir merupakan keanekaragaman hayati, serapan air tanah yang stabil, suplai air tawar, suplai nutrisi utama dan suplai makanan. Ekosistem pesisir merupakan bagian unik dari pariwisata karena merupakan zona transisi antara lingkungan terestrial (terrestrial) dan laut (lautan). Kedua ekosistem ini menciptakan hal-hal baru dan berbeda saat berinteraksi satu sama lain (Koroy et al., 2019).

Salah satu wilayah pesisir yang ada di Indonesia adalah pantai cermin kabupaten serdang bedagai Sumatera Utara. Pantai Cermin terletak di desa Pantai Cermin atau biasa disebut cermin Kanan, kecamatan Pantai Cermin, Kabupaten Serdang Bedagai pada 3039'04.77"LU dan 98059'18.05"BT. Jaraknya sekitar 60 kilometer arah selatan dari pusat kota Medan, 1 jam perjalanan. Pantai Cermin merupakan pantai yang paling populer karena kondisinya yang masih alami dan pasirnya yang putih. Sungai ini sarat akan nilai sejarah, terlihat dari namanya yang disamakan dengan kaca atau beling. Alasan mengapa disebut Pantai mirmirror adalah karena bentuk pantainya yang landai sejak zaman kolonial, dan air di pantai ini sangat bersih, kata penduduk setempat, airnya bisa digunakan untuk refleksi. namun sekarang airnya tidak begitu jernih, karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam laut oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas air laut turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan laut menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. (Undang-undang No. 32 tahun 2009). Tentang perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (14).

Pencemaran laut adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam laut oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas air laut turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan laut menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. (Undang-undang No. 32 tahun 2009). Tentang perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (14).

Salah satu permasalahan pantai yaitu sumber Pb, yang berasal dari kegiatan industri yang memberikan dampak negatif, yaitu menyebabkan limbah logam berat masuk ke lingkungan, sehingga membahayakan makhluk hidup di lingkungan tersebut bahkan manusia yang memanfaatkannya. Rantai makanan dapat meningkatkan kadar logam berat secara biologi (biomagnifikasi), sehingga konsentrasi yang sangat tinggi akan ditemukan pada mata rantai makanan konsumen terakhir (lasut 2001)

Pencemaran perairan pantai cermin kanan serdang bedagai ini diduga dilakukan perusahaan perikanan PT Aquafarm Nusantara atau Regal Springs sebagai pemilik keramba jaring apung di kawasan Danau toba. Dugaan pencemaran itu, ujar bupati sergai Soerkirman, Pt Aquafarm Nusantara (Hantoro, 2019).

Logam merupakan unsur yang berbahaya bagi organisme baik tumbuhan maupun hewan. Namun sebagian organisme mampu mengontrol jumlah racun yang masuk melalui sistem pengeluaran dan ada sebagian organisme tidak mampu mengontrol jumlah racun yang masuk didalam tubuhnya sehingga polutan yang ada terakumulasi didalam tubuh organisme tersebut. Karena *Bivalvia* yang hidup pada daerah yang tercemar oleh logam, maka logam-logam seperti Pb yang ada akan terakumulasi didalam tubuh (Hutagalung dan Rajak,1982). *Bivalvia* sebagai salah satu organisme yang bersifat filter feeder memiliki potensi dalam mengakumulasi logam yang masuk didalam tubuhnya. Oleh sebab itu *Bivalvia* dapat dijadikan sebagai organisme target dalam penelitian Biofilter. Jika permasalahan ini tidak segera ditangani dengan cara yang sebaik mungkin risiko sumber daya pesisir dan laut akan memburuk. Selain

itu juga mempengaruhi kegiatan penduduk di sekeliling pantai. Berdasarkan pengamatan di lapangan, diketahui di sekitar Pantai Cermin, masih banyak yang membuang bahan organik. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat masih belum menyadari pentingnya menjaga kebersihan pantai di Kabupaten Serdang Bedagai.

Menurut Magdalena (2020: 313-314) bahan ajar ialah sekumpulan materi ajar yang disusun secara sistematis yang merepresentasikan konsep yang mengarahkan siswa untuk mencapai suatu kompetensi. Bahan ajar merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pendidikan. Melalui bahan ajar guru akan lebih mudah dalam melaksanakan pembelajaran dan siswa akan lebih terbantu dan mudah dalam belajar. Bahan ajar dapat dibuat dalam bentuk sesuai dengan kebutuhan tujuan pembelajaran dan karakteristik materi ajar yang akan disajikan. Dalam aktifitas pembelajaran yang ada saat ini, guru hanya menggunakan materi yang tercantum dalam buku lembar kerja siswa dan buku paket saja. Sedangkan isi dari buku paket dan buku lembar kerja siswa lebih banyak berisikan narasi tentang suatu peristiwa dan minimnya foto atau gambar yang menyebabkan siswa jenuh dan malas untuk membaca (Septiwiharti, 2015:8)

Dengan adanya pengembangan bahan ajar diharapkan masyarakat lebih sadar dengan kebersihan lingkungan dan berminat untuk mempelajari filtrasi *Bivalvia*. Oleh karena itu diperlukan strategi yang baru yaitu bahan ajar yang relevan. Salah satu bahan ajar yang akan peneliti kembangkan adalah bahan ajar dalam bentuk cetak berupa buku.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka Peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul "**Kelas *Bivalvia (Perna sp)* Sebagai Biofilter Pencemaran Air Laut di Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai Sebagai Pengembangan Bahan Ajar Buku Invertebrata**" disebabkan karena ingin mengetahui kemampuan *Bivalvia* sebagai biofilter. Pantai cermin dipilih karena letak geografis yang memiliki tempat Pendaratan Ikan sebagai pendistribusian jenis kerang hasil tangkapan nelayan

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Bagaimana peran Filum *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai?
2. Bagaimana pengembangan bahan ajar mengenai buku Ivertebrata *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai?

C. Pembatasan Masalah

Menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Dibatasi pada peranan *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai.
2. Pengembangan bahan ajar yang dikembangkan adalah buku referensi *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah di atas maka dapat di rumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Peranan *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai.
2. Bahan ajar buku yang dikembangkan mengenai Buku Invertebrata *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter pencemaran air laut di pantai cermin kabupaten serdang bedagai.

E. Tujuan Penelitian

1. Untuk mendapatkan jenis-jenis *Bivalvia (Perna sp)* di perairan pantai cermin kabupaten serdang bedagai.
2. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan data hasil kemampuan *Bivalvixda (Perna sp)* menjernihkan air laut yang dikembangkan sebagai bahan ajar buku Invertebrata

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

Manfaat Teoritis :

1. Menambah sumber pengetahuan mengenai *Bivalvia (perna S.p)* sebagai biofilter di daerah perairan pantai cermin kanan kabupaten serdang bedagai
2. Menjadi bahan informasi ilmiah yang dapat digunakan sebagai pedoman bagi para pihak atau penelitian lain

3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pemikiran atau solusi.

Manfaat Praktis :

1. Bagi peneliti, merupakan suatu pengalaman yang sangat bermakna karena dapat meningkatkan kreativitas penelitian di lingkungan alam.
2. Memudahkan pembaca mengetahui jenis – jenis *Bivalvia (Perna S.p)* yang ada di pantai cermin kabupaten serdang bedagai.
3. Sebagai bahan masukan bagi program studi Pendidikan Biologi di FKIP UISU dalam pengembangan bahan ajar.
4. Dalam ilmu Pendidikan dapat menjadi referensi serta masukan untuk peneliti lainnya.

BAB II

KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA KONSEPTUAL

A. Kajian Teoritis

1. Hakikat Pencemaran Air Laut

Menurut Atmadja (2013) pencemaran laut adalah perubahan pada lingkungan laut yang terjadi akibat dimasukkannya bahan-bahan energi oleh manusia secara langsung maupun tidak langsung ke dalam lingkungan laut (termasuk muara sungai), sehingga akan menimbulkan kerugian terhadap kekayaan hayati, bahaya terhadap kekayaan hayati, bahaya terhadap kesehatan manusia, gangguan terhadap kegiatan di laut termasuk perikanan dan lain-lain penggunaan laut yang wajar, pemburukan dari kualitas air laut dan menurunnya tempat-tempat pemukiman dan rekreasi.

Pencemaran laut adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, dan atau komponen lain ke dalam laut oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas air laut turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan laut menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. (Undang-undang No. 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (14)).

Pencemaran laut (perairan pesisir) didefinisikan sebagai “dampak negatif” (pengaruh yang membahayakan) terhadap kehidupan biota, sumberdaya dan kenyamanan (amenities) ekosistem laut serta kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah (termasuk energi) ke dalam laut yang berasal dari kegiatan manusia (GESAMP,1986).

Menurut Soegiarto (2011), pencemaran laut adalah perubahan laut yang tidak menguntungkan (merugikan) yang diakibatkan oleh benda-benda asing sebagai akibat perbuatan manusia berupa sisa-sisa industri, sampah kota, minyak bumi, sisa-sisa biosida, air panas dan sebagainya. Terdapat banyak tipe pencemaran yang sangat penting sehubungan dengan lingkungan kelautan, beberapa diantaranya sebagai berikut:

- a. Perubahan kuala, teluk, telaga, pantai serta habitat-habitat pantaikarena pencemaran darat, pengerukan, pengurangan, dan pembangunan.
- b. Penyebaran pestisida dan bahan-bahan kimia lain yang tahan lama.
- c. Pencemaran oleh minyak.
- d. Penularan-penularan bahan-bahan radioaktif di seluruh dunia.
- e. Pencemaran oleh panas

Menurut Romimohtarto (2011) mendefenisikan pencemaran laut adalah suatu keadaan dimana suatu zat atau energi dan unsur lain diintroduksi ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam itu sendiri dalam kadar yang menyebabkan terjadinya perubahan sehingga lingkungan laut tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati. Pencemaran laut dapat dibedakan atas pencemaran pantai dan pencemaran lepas pantai. Pencemaran pantai banyak disebabkan oleh kegiatan manusia di darat, sedangkan pencemaran lepas pantai sering disebabkan oleh tumpahan minyak dari alat transportasi laut.

Pencemaran air laut karena limbah industri umumnya yang paling banyak mengandung logam berat. Hal ini disebabkan karena di dalam perairan logam berat sukar mengalami degradasi. Masukan limbah industri yang terus menerus dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi logam berat dalam badan air sehingga akan menimbulkan pencemaran perairan dan selanjutnya akan terakumulasi dalam tubuh biota air yang hidup di dalamnya.

Berdasarkan pengertian pencemaran-pencemaran di atas, maka penulis mengambil kesimpulan bahwa pencemaran laut merupakan suatu keadaan dimana menurunnya kualitas air laut yang disebabkan dari masuknya zat-zat pencemar oleh aktivitas manusia, baik secara sengaja maupun tidak disengaja yang berkaitan dengan pemanfaatan fungsi laut, sehingga menimbulkan kerugian terhadap sumber daya alam laut, kesehatan manusia, dan berbagai gangguan terhadap aktivitas manusia di laut.

Masalah seperti ini dapat diatasi dengan melakukan serangkaian proses menggunakan metode yaitu dengan pengolahan yang paling sering atau umum digunakan dikalangan masyarakat meliputi proses aerasi, penyerapan serta penyaringan. Beberapa peneliti membahas proses pengolahan air dengan metode tersebut antara lain dengan melihat kemampuan kelompok *Bivalvia* yang disebut sebagai biofilter. *Bivalvia* atau sering disebut sebagai hewan filter feeder, merupakan hewan yang menggunakan siphon kemudian menyaring melalui insangnya untuk memperoleh makanan dengan cara menghisap berbagai partikel atau bahan organik dalam air. Seperti yang dikemukakan oleh pendapat Carpenter dan Niem (1998) dalam jurnal penelitian (Nurfakih & Suryono, 2013) adalah pada umumnya jenis *Bivalvia* adalah pemangsa atau pemakan

makanan yang berasal dari dasar perairan atau disebut (deposit feeder) seperti mikroorganismes maupun plankton serta material organik yang tersuspensi dalam media air tempat *Bivalvia* hidup atau sering disebut (suspension feeder)

Bivalvia atau *Mollusca* dapat digunakan sebagai biofilter. *Bivalvia* atau *Mollusca* adalah hewan bertubuh lunak. Kelompok hewan ini memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi dan menyebar luas di berbagai habitat laut tidak terkecuali di zona intertidal (pasang surut). Zona pasang surut merupakan daerah pantai yang terletak antara pasang tertinggi dan surut terendah. Berdasarkan kondisi lingkungan/substrat, zona pasang surut dibedakan menjadi substrat berbatu, berpasir, dan berlumpur. Substrat berbatu merupakan daerah yang padat makroorganismenya. Permukaan batuan dalam laut melindungi organisme dari panas dan predator serta sebagai substrat yang baik untuk tumbuh dan berkembang berbagai jenis hewan, salah satunya, *Bivalvia* (Arindra, 2016)

Bivalvia adalah salah satu kelas dari Filum Moluska yang merupakan hewan filter feeder, yang memiliki ciri khas yaitu memiliki 2 cangkang di kedua sisi nya. *Bivalvia* yang merupakan kerang atau hewan lunak bercangkang merupakan hewan yang unik memiliki kemampuan khusus mencari dan mendapatkan makanannya dengan cara menyaring larutan, makanannya berupa partikel organik yang dihisap bersama-sama dengan air. Hidup *Bivalvia* umumnya terdapat di dasar perairan yang berlumpur atau ber-pasir. Tubuh dan kaki *Bivalvia* umumnya pipih secara lateral, seluruh tubuh tertutup mantel dan dua keping cangkang yang berhubungan di bagian dorsal. *Bivalvia* hidup dengan cara membenamkan diri, menggali dan meletakkan diri pada substrat dengan

menggunakan alat perekat pada karang dan batu. *Bivalvia* ditemukan hampir di semua wilayah perairan termasuk perairan pantai (Riniatsih & Wibowo , 2010).

Bivalvia memiliki kemampuan menyaring air laut dari kandungan pencemar yang berbahaya dimulai dari logam biasa seperti besi (Fe) sampai logam berat seperti timbal (Pb). Tidak hanya itu bahkan hewan bercangkang ini (*Bivalvia*) mampu menyaring kandungan logam berbahaya dari komponen baja campuran yang memiliki tingkat toksik yang sangat tinggi yang sering terdapat di kandungan limbah pabrik yaitu merkuri. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa setiap dari kelas *Bivalvia* tidak semuanya memiliki kemampuan yang sama dalam proses menyerap atau menyaring air laut. Nelayan sendiri pun tidak mengetahui fungsi biologis dari kerang atau *bivalvia* ini. Bagi nelayan mereka cukup mencari kerang lalu hasilnya dikumpulkan ke pengepul lalu dijual, tanpa mereka mengetahui bahwa betapa penting kemampuan *Bivalvia* ini terhadap ekosistem terutama dalam kemampuannya untuk menyaring air laut yang tercemar. Atas dasar pemikiran latar belakang masalah ini peneliti bertujuan untuk menguji secara langsung dan melihat kemampun kelas *Bivalvia* yang sering ditemukan oleh nelayan di wilayah pantai cermin provinsi Sumatera Utara.

Hewan laut sudah dijelaskan Dalam ayat suci Al-Qur'an yaitu pada surat An-Nur ayat 45 sebagai berikut

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَّاءٍ فَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى بَطْنِهِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى رِجْلَيْنِ

وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ

Artinya : "Dan Allah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedang sebagian yang lain berjalan dengan empat kaki. Allah telah menciptakan apa yang dia kehendaki. Sungguh Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu. " (Q.S. An-Nur : 45) .

Pada ayat ini, telah dijelaskan bahwa Allah menunjukkan kekuasaan-Nya dengan menciptakan berbagai jenis makhluk sesuai yang dikehendaki-Nya. Allah SWT. Menciptakan semua jenis hewan dari air yang memancar. Kemudian dijadikan hewan-hewan itu beranekaragam jenis, potensi dan perbedaan-perbedaan yang lainnya.

Pengetahuan yang baik mengarah pada kesadaran yang lebih baik. Oleh karena itu, dibutuhkan media pendamping yang dapat mengarahkan masyarakat untuk menerapkan belajar mandiri. Di sisi lain, minat masyarakat sekitar sangat kurang, sehingga dibutuhkan media pembelajaran sebagai alternatif yang mengemas informasi dalam bentuk yang menarik dan dilengkapi gambar berupa buku. Keberadaan buku sebagai media pembelajaran merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan literasi masyarakat tentang Pengembangan bahan ajar buku Avertebrata *Bivalvia* sebagai biofilter di pantai cermin kabupaten serdang bedagai. Peningkatan literasi masyarakat lokal diharapkan dapat mengubah kesadaran tentang pengelolaan lingkungan (Desfandi, dan Maryani, 2017; Utari et al., 2020).

2. Peran *Bivalvia* Sebagai Biofilter

Bivalvia merupakan biota yang populer digunakan untuk mendeteksi pencemaran lingkungan, disebabkan karena hidupnya yang berasosiasi dengan sedimen, kebiasaan makannya sebagai *filter feeder*, dan kemampuannya mengakumulasi bahan pencemar (Zuykov et al., 2013; Gerhardt, 2002; D'costa et al., 2018). Kemampuan bioakumulasinya yang tinggi menyebabkan konsentrasi bahan kimia yang sebelumnya tidak terdeteksi dalam air dapat ditemukan dalam tubuh *Bivalvia* (Zuykov et al. 2013). Sebagai biota akumulator atau biasa disebut 'sentinel', *Bivalvia* harus tahan terhadap tekanan lingkungan dan bersifat menetap (sedentary) sehingga dapat menggambarkan suatu wilayah kajian. Organisme 'sentinel' juga harus memiliki kelimpahan yang tinggi agar dapat menyediakan sampel untuk dianalisis, serta memiliki sebaran yang luas untuk dapat dibandingkan antarlokasi (Gerhardt, 2002).

Bivalvia hidup dengan cara membenamkan diri, menggali dan meletakkan diri pada substrat dengan menggunakan alat perekat pada karang dan batu (Kastawi dkk., 2003). *Bivalvia* diketahui dapat mengakumulasi logam berat yang lebih besar dibandingkan dengan biota air yang lain. Hal tersebut disebabkan oleh sifat *Bivalvia* yang cenderung menetap, memiliki respons yang lambat terhadap polusi dan pencemaran logam berat sehingga dapat menoleransi logam tertentu dalam jumlah yang besar. Hal tersebut membuat *Bivalvia* dapat dijadikan suatu indikator yang baik untuk memonitoring suatu pencemaran lingkungan (Darmono, 2001).

Salah satu anggota Mollusca yaitu *Bivalvia* dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan karena *Bivalvia* menghabiskan seluruh hidupnya

di kawasan tersebut sehingga apabila terjadi pencemaran lingkungan maka tubuh *Bivalvia* akan terpapar oleh bahan pencemar dan terjadi penimbunan/akumulasi. Sehingga jika ada bahan tercemar yang masuk di tubuh spesies tersebut, maka tubuh dari spesies yang tidak toleran tidak dapat bertahan hidup, dengan demikian keberadaanya dapat digunakan sebagai bioindikator. *Bivalvia* yang banyak terdapat di area ekosistem pesisir biasanya didominasi oleh kelas *Bivalvia* penggali di permukaan pantai (Nybakken, 1992).

Bivalvia (kerang-kerangan) adalah biota yang hidup menetap pada dasar perairan yang relatif lama sehingga biasa digunakan sebagai bioindikator untuk menduga kualitas perairan. (Putri et al,2012) menyatakan bahwa, *Bivalvia* dapat dikatakan sebagai bioindikator lingkungan karena *Bivalvia* menghabiskan seluruh hidupnya di kawasan mangrove dengan cara membenamkan diri pada substrat berlumpur. *Bivalvia* hidup dan tersebar luas di seluruh pesisir perairan Indonesia. *Bivalvia* memiliki ekosistem hidup di perairan dangkal seperti pantai, ekosistem lamun, alga dan terumbu karang (Akhrianti et all., 2014).

a. Morfologi *Bivalvia*

Hewan kelas *Pelecypoda* (sekitar 20.000 jenis) mempunyai dua buah cangkang yang setangkup (disebut juga kelas *Bivalvia*) dengan variasi pada bentuk maupun ukurannya. Hewan tidak berkepala dan tidak bermulut. Kaki berbentuk seperti kapak (*Pelecypoda*). Insang tipis dan berlapis-lapis (disebut juga kelas *lamellibranchiate*) terletak di antara mantel kedua cangkang dapat ditutup buka dengan cara mengencangkan dan mengendurkan otot-otot aduktor dan retraktor (Umarti,1990). Pada umumnya permukaan luar cangkang

Pelecypoda relatif halus, namun beberapa jenis mempunyai relief atau ukiran berupa garis-garis konsentrik atau garis pertumbuhan cangkang dapat dilihat dari besar kecilnya jarak garis pertumbuhan tersebut. Relief lainnya dapat bergelombang, rusuk meruji (radial ribs), ataupun kombinasi dari keduanya. Dijumpai pula duri-duri (spine), seperti pada Spondylus. Bagian tertua dari cangkang dinamakan umbo (Prasad, 1980).

Permukaan dalam cangkang dijumpai bekas otot aduktor. Sejajar dengan tepi cangkang, terdapat pallial (Pallial line) yang menghubungkan bekas otot aduktor atau anterior dan otot aduktor posterior. Garis tersebut menunjukkan daerah bekas menempelnya mantel. Pada garis pallial bagian posterior terdapat lekukan yang disebut pallial sinus. Lekukan tersebut menunjukkan letak sifon di dalam cangkang. Jika hewan Pelecypoda mempunyai sifon besar maka pallial sinus biasanya dalam dan jika hewan tersebut mempunyai sifon kecil atau tidak mempunyai sifon maka tidak dijumpai adanya pallial sinus. Beberapa jenis Pelecypoda seperti *Pinctada margaritifera* mempunyai suatu lapisan mutiara yang berwarna putih melatik dan pada hewan dewasa sering dijumpai mutiara yang terbentuk dari benda-benda asing yang terselimuti lendirnya (Prasad, 1980).

Cangkang berfungsi menutupi atau melindungi tubuh. Pada dasarnya lapisan cangkang tersusun atas tiga lapisan luar ke dalam yaitu (a) periostrakum, lapisan tanduk berwarna, berfungsi melindungi lapisan di bawahnya dari pelarutan oleh asam karbonat dari air, (b) prismatic, terdiri atas asam karbonat, (c) berupa lapisan mutiara berfungsi mengkilat. Kaki lapis pertama dibentuk

oleh tipe mantel sedangkan lapis mutiara dibentuk oleh seluruh permukaan mantel (Prawirohartono, 2003).

Pada dasarnya tubuh Pelecypoda pipih secara lateral dan seluruh tubuh tertutup dua keping cangkang yang berhubungan dibagian dorsal dengan adanya “hinge ligament” yaitu semacam pita elastik yang terdiri dari bahan organik seperti zat tanduk (conchiolin) sama dengan periostrakum, bersambungan dengan priostrakum cangkang. Kedua keping cangkang pada bagian dalamnya juga ditautkan oleh sebuah otot aduktor anterior dan sebuah otot aduktor posterior, yang bekerja secara antagonis dengan hinge ligamen terdapat gigi atau tonjolan pada keping yang satu dan lekukan atau alur pada keping yang lain (Hickman, 1996).

b. Fisiologi *Bivalvia*

1). Karakteristik *Bivalvia*

Kerang (*Bivalvia*) adalah kelas dalam filum moluska yang mencakup semua kerang-kerangan, memiliki sepasang cangkang. Filum *Mollusca* terdiri dari 7 kelas yaitu, *Aplacophora*, kelas *Monoplacophora*, kelas *Polyplacophora*, kelas *Gastropoda*, kelas *Bivalvia*, kelas *Scaphopoda*, dan kelas *Cephalopoda*. (Ardi Alfiansyah dkk, 2014:03).

Bivalvia disebut juga dengan *Pelecypoda* dan *Lamellibrankhiata*. Disebut *Bivalvia* karena hewan ini mempunyai dua cangkang dikedua sisi hewan dengan engsel dibagian dorsal. Fungsi dari cangkang tersebut adalah sebagai pelindung tubuh dan bentuknya digunakan untuk identifikasi. *Bivalvia* disebut juga *Pelecypoda* karena kakinya yang berbentuk kapak. Sedangkan disebut

Lamellibranchiata karena insangnya yang berbentuk lembaran-lembaran dan berukuran sangat besar dan juga dianggap memiliki fungsi tambahan yaitu pengumpul bahan makanan, disamping sebagai tempat pertukaran gas. Salah satu contoh hewan ini adalah kerang, tiram, remis, kijing dan sebangsanya (Romimohtarto, 2009).

Bivalvia adalah salah satu kelas dari Filum *Moluska* yang merupakan hewan filter feeder, yang memiliki ciri khas yaitu memiliki 2 cangkang di kedua sisinya. *Bivalvia* yang merupakan kerang atau hewan lunak bercangkang merupakan hewan yang unik memiliki kemampuan khusus mencari dan mendapatkan makanannya dengan cara menyaring larutan, makanannya berupa partikel organik yang dihisap bersama-sama dengan air. Hidup *Bivalvia* umumnya terdapat di dasar perairan yang berlumpur atau ber-pasir. Tubuh dan kaki *Bivalvia* umumnya pipih secara lateral, seluruh tubuh tertutup mantel dan dua keping cangkang yang berhubungan di bagian dorsal. *Bivalvia* hidup dengan cara membenamkan diri, menggali dan meletakkan diri pada substrat dengan menggunakan alat perekat pada karang dan batu. *Bivalvia* ditemukan hampir di semua wilayah perairan termasuk perairan pantai (Riniatsih & Wibowo, 2010).

Pada umumnya hewan ini mempunyai sebuah mantel yang berupa dua daun telinga atau cuping. Mantel dilekatkan pada cangkang dengan bantuan otot-otot yang meninggalkan bekas garis melengkung (*pallial line*) dan biasanya berwarna putih mengkilat (Romimohtarto, 2009).

Bivalvia tidak memiliki kepala dan radula, semua anggotanya secara lateral bertubuh pipih dengan dua keping cangkang menutupi seluruh bagian tubuh yang dihubungkan dengan hinge pada bagian dorsalnya. Cangkang tersebut

dapat bergerak menutup dengan menggunakan satu atau dua otot adduktor yang elastis dan ligament yang terletak pada hinge (Setyobudiandi, 2010).

Menurut Arbi (2011), apabila dibuat sayatan memanjang dan melintang, tubuh kerang akan tampak bagian-bagian sebagai berikut.

1. Paling luar adalah cangkang yang berjumlah sepasang, fungsinya untuk melindungi seluruh tubuh kerang.
2. Mantel, jaringan khusus, tipis dan kuat sebagai pembungkus seluruh tubuh yang lunak. Pada bagian belakang mantel terdapat dua lubang yang disebut sifon. Sifon atas berfungsi untuk keluarnya air, sedangkan sifon bawah sebagai tempat masuknya air.
3. Insang, berlapis-lapis dan berjumlah dua pasang. Dalam insang ini banyak mengandung pembuluh darah.
4. Kaki pipih. Bila akan berjalan kaki dijulurkan ke anterior.
5. Dalam rongga tubuhnya terdapat berbagai alat dalam seperti saluran pencernaan yang menembus jantung, alat peredaran, dan alat ekskresi (ginjal).

Bivalvia memiliki kebiasaan menggali lubang pada pasir dan lumpur yang merupakan substrat hidupnya dengan menggunakan kakinya. Sebagian besar jenis *Bivalvia* hidup dilautan, hanya sedikit jenis yang hidup di darat (Kastawi, 2005). Cara hidup *Bivalvia* dengan tiga cara, yaitu (a) membuat lubang pada substrat, (b) melekat langsung pada substrat dengan semen, (c) melekat pada substrat dengan perantara seperti benang.



Gambar 1. Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Kerang Kemudi Kapal (*Perna perna*)

2). Sistem Pernapasan (respirasi)

Organ respirasi Bivalvia adalah insang (branchia atau stenidia) yang menggelayung dalam rongga mantel yang terletak disetiap sisi kaki. Setiap insang tersusun dari dua lamela dibagian dorsal yang saling berhubungan dengan bantuan penghubung interlamela yang membagi insang bagian dalam menjadi bulu air yang terletak vertikal. Sedangkan dibagian dorsal buluh air dari setiap insang berhubungan dengan kamar suprabranchial yang menuju ke posterior dan bermuara pada sifon dorsal (Kastawi, 2005).

Alat pernapasan (Branchial apparatus) yang dinamakan ktenidium (ctenidium) adalah penyaring aktif yang mengambil oksigen dan bahan organik dari air dan menolak apa saja yang dapat menyumbat alat penyaring itu. Insang melekat pada organ-organ dalam di bagian depan dan bagian ujungnya bebas di dalam rongga mantel. Insang terdiri dari satu sumbu longitudinal dan padanya tergantung dua lembaran terdiri dari benang-benang berbulu getar. Setiap bilah terlipat dalam bentuk V dan berlipat-berlipat yang menambah panjang dan jumlah filamen. Ribuan filamen tersebut membentuk suatu permukaan yang sangat luas untuk pertukaran dengan air laut. Air yang disedot memasuki cangkang dari depan dan

mencapai insang. Gerakan-gerakan bulu-getar membagikan kembali air tersebut dengan menyalurkannya di sepanjang benang-benang.

Dua pembuluh darah mengikuti sumbu insang, pembuluh aferensia membawa darah yang datang dari ginjal dan pembuluh aferensia membawanya ke serambi atas jantung. Kedua pembuluh darah itu dihubungkan dengan jaringan pembuluh darah kapiler yang mengikuti benang-benang tempat darah diberi oksigen. (Kasijan Romimohtarto dan Sri Juuwana, 2007).

3). Sistem Sirkulasi Darah

Sistem sirkulasi *Bivalvia* terdiri dari jantung yang terletak di bagian bawah usus dalam rongga perikardium (selaput pembungkus jantung) dan terbagi menjadi dua bagian aurikel (ventral) dan sebuah ventrikel (dorsal). Ventrikel tersusun atas aorta anterior yang berfungsi sebagai penyalur darah ke kaki, lambung dan mantel. Sedangkan aorta posterior menyalurkan darah ke rektum dan mantel. Darah yang sudah mengalami oksigenasi di dalam mantel akan kembali langsung menuju jantung. Sedangkan darah yang bersirkulasi di beberapa bagian organ tubuh akan menuju vena yang kemudian diteruskan menuju ginjal. Dari ginjal darah akan dialirkan ke insang. Di dalam insang terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida yang dibawa oleh darah. Selanjutnya darah akan menuju jantung dan kembali disalurkan ke organ-organ yang membutuhkan (Kastawi, 2005).

Bivalvia memiliki peredaran darah terbuka yaitu darah dari jantung ke sinus organ, ginjal, insang dan kembali ke jantung. Darah kerang biasanya tidak

berwarna. Kecuali kerang darah (*Anadara sp.*) dari famili Acidae karena spesies ini memiliki darah yang mengandung hemoglobin (Gosling, 2004)

4). Sistem Pencernaan

Organ pencernaan *Bivalvia* terdiri dari mulut, esofagus, lambung dan usus. Makanan yang didapatkan dari insang akan diseleksi. Beberapa jasad yang tidak dikehendaki akan dibuang langsung melalui anus dalam bentuk feses. Jasad yang diterima akan masuk melalui mulut dan ke kerongkongan dan erlanjut menuju lambung dan berakhir di usus (Romimohtarto, 2009).

Alat pencernaan makanan dimulai dari mulut yang terletak diantara dua pasang palpus labialis, kemudian esophagus yang pendek. Organ ini berlanjut ke lambung yang terletak di sebelah dorsal masa viseral, selanjutnya usus di bagian dorsal kaki, rektum diselubungi oleh jantung dan berakhir ke anus. Makanan kerang terdiri atas partikel-partikel organik yang terbawa oleh air melalui sifon ventral, kemudian oleh gerakan silia yang terdapat pada palpus labialis partikel makanan tersebut dibawa ke mulut. Posisi yang terletak dengan dekat lambung terdapat kelenjer pencernaan yaitu hati yang akan mensekresikan cairan pencernaan untuk selanjutnya diberikan ke lambung melalui suatu saluran. Feses yang keluar dari anus akan dikeluarkan dari tubuh bersama aliran air yang menuju ke sifon dorsal. (Yusuf Kastawi, 2005).

5). Sistem Saraf

Sistem saraf *Bivalvia* terdiri dari tiga pasang ganglion, yaitu ganglion selebral yang terletak disisi osefagus, ganglion pedal dibagian kaki dan ganglion viseral

pada bawah otot aduktor posterior dan koordinasi dari setiap ganglion dengan menggunakan saraf penghubung (Kastawi, 2005). Pada mantel terdapat urat-urat yang bias merespon terhadap sentuhan halus atau rangsangan kimia (Romimohtarto, 2009).

Pada kaki terdapat statosis yang berfungsi untuk keseimbangan. Selain itu memiliki osfradium yang terletak di dalam sifon. Pada dasarnya fungsi osfradium tidak jelas, namun kemungkinan berfungsi untuk menguji air yang masuk ke rongga mantel (Kasijan Romimohtarto, 2007).

Sri Juwana 2007 mengatakan bahwa osfradium peka terhadap lumpur, sehingga apabila air yang masuk banyak mengandung lumpur maka pengambilan air akan dikurangi. Pada tepi mantel terdapat sel-sel sensori. Sel-sel tersebut cukup banyak ditemukan pada sifon ventral dan berfungsi untuk peraba dan peka terhadap cahaya.

6). Sistem Indra

Alat penglihatan *Bivalvia* dengan menggunakan sel-sel berpigmen yang terletak dalam suatu lekukan berbentuk cangkir dengan lensa tembus pandang yang terletak pada sisi kanan dan kiri benang insang. Sel-sel tersebut dapat mendeteksi perubahan cahaya (Romimohtarto, 2009).

7). Sistem Perkembang Biakan

Bivalvia merupakan biota laut yang bersifat diosius yaitu setiap kelamin memiliki sepasang gonad yang terletak dibagian atas usus dan berlanjut menuju saluran pendek yang bermuara dekat lubang saluran ginjal. Perkembangan gonad tergantung pada fase dari daur kelamin saat itu. Kematangan kelamin tercapai pada umur tiga tahun. Gonad jantan berwarna susu sedangkan gonad betina berwarna oranye dan mulai berkembang ketika cangkangnya mencapai sekitar 14 cm. Pembuahan terjadi diperairan terbuka dimana spermatozoa dan sel telur dikeluarkan secara bersamaan (Romomohtarto, 2009).

Spermatozoa akan dikeluarkan melalui sifon dorsal yang kemudian dimasukkan kedalam tubuh hewan betina melalui sifon ventral. Telur yang sudah matang akan keluar dari ovarium menuju rongga suprabankhial. Spermatozoa yang sudah masuk ke dalam tubuh hewan betina akan membuahi sel telur dan membentuk zigot. Zigot melekat pada pembuluh air dari insang yang disebut dengan kamar eram (*marsupia*). Setiap zigot akan mengalami pembelahan yang tidak sama dan menjadi larva glokidium dengan dua cangkang yang mengandung otot aduktor dan sebuah benang panjang (*bisus*) (Kastawi, 2005).

8). Keanekaragaman Jenis *Bivalvia*

Keanekaragaman jenis adalah suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya. Keanekaragaman jenis dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis tinggi, jika komunitas itu disusun oleh banyak jenis dengan kelimpahan tiap jenis yang sama atau hampir sama. Sebaliknya, jika

komunitas itu disusun oleh sangat sedikit jenis dan hanya sedikit saja jenis yang dominan, maka keanekaragaman jenisnya rendah (Soegianto, 1994). Selanjutnya dinyatakan, bahwa keanekaragaman jenis yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi, karena dalam komunitas terjadi interaksi jenis yang tinggi pula. Jadi dalam suatu komunitas yang mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi akan terjadi interaksi jenis yang melibatkan transfer energi, predasi, kompetisi dan pembagian relung yang secara teoritis lebih kompleks. Konsep keanekaragaman jenis dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil (stabilitas komunitas), walaupun ada gangguan terhadap komponen-komponennya.

Bivalvia (Perna sp) yang ada di Indonesia terdapat dua spesies yaitu sebagai berikut: 1) . Kerang Hijau (*Perna viridis*) Kerang hijau (*Perna viridis*) adalah salah satu sumber daya hayati yang memiliki nilai ekonomis tinggi di Indonesia. Hal ini disebabkan karena kerang hijau mudah dan relatif cepat dalam pembudidayaannya. Kerang hijau dapat berkembang pesat di daerah yang memiliki masukan bahan organik yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan kerang tersebut termasuk ke dalam jenis hewan penyaring (filter feeder), dimana cara mendapatkan makanan dengan cara memompa air melalui rongga mantel sehingga mendapatkan partikel-partikel yang ada dalam air. Mikroalgae merupakan makanan utama dari kerang hijau (*Perna viridis*) sedangkan makanan tambahannya berupa zat organik terlarut dan bakteri. Selain itu, kerang hijau (*Perna viridis*) memiliki kandungan gizi yang tinggi untuk dikonsumsi yaitu terdiri dari 49,8 % air, 21,9 % protein, 14,5 % lemak, 18,5 % karbohidrat

dan 4,3 % abu sehingga menjadikan kerang hijau sebanding dengan daging sapi, telur maupun daging ayam karena 100 gram daging kerang hijau ini mengandung 100 kalori. Kerang hijau yang hidupnya di perairan payau hingga asin banyak dijumpai melekat pada benda-benda keras seperti kayu, bambu, badan kapal, jaring dan tempat budidaya ikan. Kerang hijau yang mencari makan dengan cara menyaring makanan yang larut di dalam air yang diberi istilah vacuum cleaner. Oleh karena itu, kerang hijau akan dapat memfiltrasi seluruh zat-zat yang dibawa oleh air terutama yang berasal dari limbah (Liliandari P & Aunurrohim. 2013).

Seiring dengan semakin meningkatnya industri di Indonesia, buangan limbah dari industri juga akan meningkat baik yang berasal dari bahan organik maupun anorganik, yang berupa padatan atau cairan yang mengandung logam berat contohnya seperti Kadmium (Cd). Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang dapat menimbulkan efek negatif terhadap ekosistem dan manusia. Apabila Cd masuk ke dalam tubuh maka sebagian besar akan terkumpul di dalam ginjal, hati dan sebagian dikeluarkan lewat saluran pencernaan. Selain itu, Kadmium juga dapat mempengaruhi otot polos pembuluh darah secara langsung maupun tidak langsung lewat ginjal yang berakibat terjadinya kenaikan tekanan darah. Dengan adanya limbah yang mengandung logam berat seperti Cd, maka dapat menimbulkan dampak negatif pada organisme yang hidup di perairan, terutama jenis organisme yang menetap (sesil) karena sifat logam yang cenderung mengendap dibagian bawah perairan (Sudaryanto, A., M, *dkk.* 2005).

Chaetoceros sp. merupakan perwakilan fitoplankton dari kelas diatom yang digunakan sebagai fitoremediator ion logam berat Kadmium (Cd). *Chaetoceros* sp. merupakan sel tunggal dan dapat membentuk rantai menggunakan duri yang saling berhubungan dari sel yang berdekatan. melaporkan bahwa fitoplankton lebih efisien dalam mengikat ion logam berat dibanding bakteri atau jamur. Hal ini kemungkinan karena proses yang dilakukan dengan fitoplankton hidup berhubungan dengan fotosintesis dan aktivitas metabolik. Fitoplankton juga memiliki toleransi tinggi terhadap konsentrasi tinggi ion logam berat. Salah satu pakan *Perna viridis* adalah *Chaetoceros* sp. yang mempunyai kandungan protein 29 %, karbohidrat 9% dan lemak 12% (Sjahrul, M., & Arifin. 2009).

Perna viridis mendapatkan makanannya dengan cara menyaring partikel-partikel dari suatu perairan. Namun, kondisi perairan saat ini sedang mengalami kondisi yang tidak menyehatkan dikarenakan semakin banyaknya buangan limbah dari aliran sungai yang masuk ke dalam perairan yang mengandung logam berat seperti Cd. Semakin meningkatnya kandungan logam berat tersebut dalam tubuh kerang hijau baik yang masuk melalui rantai makanan (food chain) atau secara langsung masuk ke dalam jaringan tubuh kerang hijau akan menyebabkan kerang hijau terganggu dalam melakukan filtrasi makanan. Dipilihnya kerang hijau sebagai indikator lingkungan karena organisme ini mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang tercemar, ambang batas toleransi kerang hijau lebih besar dibanding organisme lain, sedangkan dalam kondisi yang sama organisme lain terutama ikan sudah mengalami kematian. (Sudaryanto, A., M, dkk. 2005) ; 2). Kerang Kemudi Kapal (*Perna perna*)
Kemudi kapal merupakan *Bivalvia* yang berasal dari family *Mytilidae*. *Perna*

perna termasuk kerang bercangkang dua (*Bivalvia*). Bentuk cangkang memanjang berwarna coklat tua atau kehitaman. Kerang ini merupakan *filter feeder*. Kerang ini menyaring partikel organik, plankton nabati, dan hewani serta jasad renik dalam air untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Rukanah, 2016).

Bentuk cangkang memanjang berwarna coklat tua atau kehitaman. Kerang ini juga menyaring partikel organik, plankton nabati, dan hewani serta jasad renik dalam air untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Rukanah, 2019). Aktivitas makan dipengaruhi oleh suhu air salinitas, dan konsentrasi partikel makanan dalam air. *Perna perna* adalah “suspension feeder”, di mana ia dapat berpindah-pindah tempat dengan menggunakan kaki dengan berenang yang sering disebut “byssus”, hidup dengan baik pada perairan dengan kisaran kedalaman 1 m sampai 7 m, memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas antara 27-35 mil (Hendrick, 2012).

Perna perna merupakan biota yang hidup pada wilayah litoral (pasang surut dan sub litoral yang dangkal). Kerang ini juga dapat tumbuh pada perairan teluk, estuari, sekitar mangrove dan muara dengan kondisi perairan yang memiliki substrat pasir berlumpur (Rosmianto, 2014).

B. Hakikat Belajar dan Hasil Belajar Biologi

Mesiono (2016) Pembelajaran Biologi adalah pembelajaran yang berkaitan dengan cara mencari tahu dan memahami tentang alam secara sistematis sehingga pembelajaran biologi bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, tetapi juga merupakan suatu proses penemuan, sehingga siswa dituntut untuk dapat berpikir kritis. Oleh karena itu,

untuk memupuk perubahan dan membangun kecakapan berpikir dan memenuhi rasa ingin tahu maka dibutuhkan suatu strategi yang inovatif.

Pembelajaran merupakan seperangkat tindakan guna mendukung proses pembelajaran dengan mempertimbangkan kejadian eksternal yang berperan terhadap kejadian internal oleh peserta didik menurut Daryanto, *dkk* (2012). Pembelajaran biologi merupakan pembelajaran yang menekankan siswa untuk mengembangkan sejumlah keterampilan proses supaya mereka mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar.

Hakikat pembelajaran biologi meliputi empat unsur utama yaitu: sikap, proses, produk, dan aplikasi menurut Oktaria (2016), keempat unsur tersebut membantu peserta didik memahami alam dan gejalanya Menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (2006)

Menurut Djamaluddin & Wardana (2019, hlm. 6) hakikat belajar adalah suatu proses atau upaya yang dilakukan setiap individu untuk mendapatkan perubahan tingkah laku, baik dalam bentuk pengetahuan, keterampilan, sikap dan nilai positif sebagai suatu pengalaman dari berbagai materi yang telah dipelajari.

Menurut Oemar Hamalik (2010: 154), belajar adalah perubahan tingkah laku yang relatif mantap karena adanya latihan dan pengalaman. Menurut Hamzah B. Uno (2011: 21) belajar ialah proses perubahan tingkah laku seseorang setelah memperoleh informasi yang disengaja. Adapun pengertian belajar menurut Daryanto & Muljo Rahardjo (2012:17) adalah suatu proses interaksi antara berbagai unsur yang berkaitan. Unsur utama dalam belajar

adalah individu sebagai peserta belajar, kebutuhan sebagai sumber pendorong, dan situasi belajar yang memberikan kemungkinan terjadinya kegiatan belajar.

Menurut Slameto (2010:2) “Belajar adalah suatu proses usaha yang dilakukan seseorang untuk melakukan suatu proses tingkah laku yang baru secara keseluruhan. sebagai hasil pengalamannya sendiri dalam interaksi dengan lingkungan”. Sedangkan menurut Hilgard dalam Nan Syaodih Sukmadinata (2004:156) “Belajar adalah suatu proses dimana suatu perilaku muncul atau berubah karena adanya respon terhadap sesuatu situasi”. Selanjutnya menurut Djamarah dalam Muhammad Affandi. dkk (2013:2) “Belajar adalah serangkaian kegiatan jiwa raga untuk memperoleh suatu perubahan tingkah laku sebagai hasil dari pengalaman individu dalam interaksi dengan lingkungannya yang menyangkut kognitif, afektif, dan psikomotorik”.

Beberapa pendapat ahli di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran biologi merupakan pembelajaran yang sangat penting pembelajaran yang dibutuhkan untuk menjadikan seseorang paham terhadap ilmu-ilmu yang berkaitan dengan alam atau lingkungan disekitar. Mata pelajaran biologi bisa diperoleh pada semua tahap jenjang pendidikan baik SD, SMP, SMA bahkan perguruan tinggi.

Hasil belajar merupakan kemampuan yang diperoleh individu setelah proses belajar berlangsung yang dapat memberikan perubahan tingkah laku baik pengetahuan, pemahaman, sikap dan keterampilan sehingga lebih baik dari pada sebelumnya. Menurut Nana Sudjana (2014:22) hasil belajar adalah segala kemampuan yang dimiliki siswa setelah ia menerima pengalaman belajarnya.

Pengertian hasil belajar sangat erat kaitannya dengan prestasi belajar. Definisi prestasi belajar menurut para ahli sangat beragam diantaranya yaitu menurut Winkel dalam Hamdani (2011: 138) yang menyatakan bahwa prestasi belajar merupakan bukti keberhasilan yang dicapai seseorang. Prestasi belajar merupakan hasil maksimum yang dicapai seseorang setelah melakukan usaha-usaha belajar. Sedangkan menurut Syaiful masih dalam (Hamdani 2011: 138) prestasi belajar di bidang pendidikan adalah hasil dari pengukuran terhadap siswa yang meliputi faktor kognitif, afektif, dan psikomotor setelah mengikuti proses pembelajaran yang diukur dengan menggunakan instrumen tes atau instrumen yang relevan.

Hasil belajar adalah kemampuan siswa yang diperoleh setelah kegiatan belajar (Nugraha, 2020). Hasil belajar adalah kompetensi atau kemampuan tertentu yang dicapai oleh siswa setelah mengikuti proses belajar mengajar dan meliputi keterampilan kognitif, afektif, maupun psikomotor (Wulandari, 2021).

Menurut (Firmansyah, 2015) hasil belajar merupakan perubahan yang dimiliki oleh seseorang setelah melalui proses belajarnya. Muin, 2012 mengatakan bahwa hasil belajar adalah pencapaian yang didapat oleh seseorang berupa perubahan dalam dirinya yang didapat setelah proses belajar.

Dari berbagai pengertian di atas menurut para tokoh maka dapat disimpulkan bahwa hasil belajar adalah suatu sikap yang terbentuk dari proses pembelajaran yang melibatkan faktor-faktor tertentu seperti kognitif, efektif, dan psikomotorik. Selain itu hasil belajar juga bisa berupa kemampuan dan informasi yang telah didapat selama proses pembelajaran.

C). Pengembangan Bahan Ajar

Menurut Mubarok (2017) Bahan Ajar merupakan informasi alat dan teks yang diperlukan guru/instruktur untuk perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran. Bahan ajar merupakan bahan yang digunakan untuk belajar yang berupa bahan tertulis maupun bahan yang tidak tertulis. Suatu bahan bahan ajar akan memuat materi, pesan/isi mata pelajaran yang berupa ide, fakta, konsep, prinsip, kaidah/teori yang tercakup dalam mata pelajaran sesuai dengan disiplin ilmu serta informasi lain dalam pembelajaran. Jadi, bahan ajar memungkinkan siswa dapat mempelajari suatu kompetensi secara runtut dan sistematis, akumulatif mampu menguasai semua kompetensi secara utuh atau terpadu.

Menurut Depdiknas (2006:1) bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas, baik berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis, Bahan ajar adalah isi materi yang diberikan kepada siswa pada saat berlangsungnya proses belajar mengajar. Melalui bahan ajar siswa diantarkan pada tujuan pengajaran. Bahan ajar hakikatnya adalah isi dari mata pelajaran atau bidang studi yang diberikan kepada siswa sesuai dengan kurikulum yang digunakan (Sudjana, 2009: 67). Menurut Ningrum (2017: 28-29) bahan ajar merupakan segala bahan (baik informasi maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang digunakan guru dan siswa dalam pembelajaran untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Bahan ajar mengacu pada kurikulum yang digunakan dalam rangka mencapai Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar yang telah ditentukan

Dari beberapa pandangan mengenai pengertian bahan ajar dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan segala bahan (baik informasi, alat maupun teks) yang disusun secara sistematis yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai oleh peserta didik yang digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan pembelajaran. Misalnya, buku pelajaran, modul, atau bahan ajar audio dan sebagainya.

a. Jenis – jenis Bahan Ajar

Secara umum bahan ajar dapat dibedakan ke dalam bahan ajar cetak dan noncetak. Bahan ajar cetak dapat berupa, handout, buku, modul, brosur, dan lembar kerja siswa. Sedangkan bahan ajar noncetak meliputi, bahan ajar audio seperti, kaset, radio, piringan hitam, dan compact disc audio. Bahan ajar audio visual seperti, CAI (Computer Assisted Instruction), dan bahan ajar berbasis web (web-based learning materials) (Ika Lestari, 2013:5).

Lebih lanjut Mulyasa (2006: 96) menambahkan bahwa bentuk bahan ajar atau materi pembelajaran antara lain adalah bahan cetak (hand out, buku, modul, LKS, brosur, dan leaflet), audio (raio, kaset, cd audio), visual (foto, atau gambar), audio visual (sepert; video/ film atau VCD) dan multi media (seperti; CD interaktif, computer based, dan internet).

Bahan ajar yang dimaksud dalam kajian ini lebih ke bahan ajar cetak berupa buku teks. Hal ini dikarenakan, buku teks sangat erat kaitannya dengan kurikulum, silabus, standard kompetensi, dan kompetensi dasar, Rudi Susilana (2007: 14) mengungkapkan bahwa buku teks adalah buku tentang suatu bidang

studi atau ilmu tertentu yang disusun untuk memudahkan para guru dan siswa dalam upaya mencapai tujuan pembelajaran.

Buku teks mempunyai peran penting dalam pencapaian tujuan pendidikan nasional. Hutchinson (2012: 5). Buku teks merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam pengajaran. Buku teks dapat juga menjadi wadah untuk menuliskan ide-ide terkait kebudayaan nasional suatu bangsa. Sebagaimana yang diungkapkan Pingel (2009: 7).

Bahan ajar memiliki berbagai macam bentuk. Menurut Prastowo dalam (Magdalena, 2020: 315-317) berdasarkan cara kerjanya, bahan ajar dapat dibedakan menjadi lima macam yaitu:

1. Bahan ajar yang diproyeksikan, bahan ajar ini membutuhkan proyektor untuk bisa dipergunakan serta disampaikan pada peserta didik, misalnya: filmstrips, slide, proyeksi computer, overhead transparencies (OHP).
2. Bahan ajar yang tidak diproyeksikan, dimana tidak membutuhkan sebuah proyektor dalam penggunaannya serta bisa peserta didik pergunakan (mengamati, melihat, membaca) secara langsung, misalnya: diagram, foto, model, display, serta sejenisnya.
3. Bahan ajar video, alat pemutar video seperti DVD, VCD, video tape player, maupun computer diperlukan untuk mempergunakan bahan ajar ini dikarenakan bersifat digital. Selain menampilkan suara, bahan ajar ini juga menampilkan video secara bersama. Contohnya meliputi: film, video, serta sejenisnya.
4. Bahan ajar audio, wujud dari bahan ajar ini yakni sebuah sinyal suara yang direkam melalui media perekam tertentu. Alat pemutar suara

diperlukan untuk mempergunakan bahan ajar ini, misalnya tape compo, VCD, CD, multimedia player, computer, serta sejenisnya. Contohnya meliputi: CD, kaset, file audio, serta sejenisnya

5. Bahan (media) komputer, bahan ajar ini merupakan dokumen non cetak yang memerlukan computer dalam penggunaannya. Misal: computer based multimedia atau hypermedia serta computer mediated instruction (CMI)

Leaflet adalah bahan cetak tertulis berupa lembaran yang dilipat tapi tidak dimatikan /dijahit.

1. Bentuk bahan ajar non cetak
 - a) Audio Visual, contoh : video/ film, video compact disc (VCD).
 - b) Audio, contoh : radio, kaset, compact disc (CD) audio, piringan hitam.
 - c) Visual, contoh: foto, gambar, model/maket.
 - d) Multi media, contoh : CD interaktif, computer based, internet
2. Bentuk bahan ajar yang berbentuk fasilitas, contoh : Perpustakaan, ruang
3. belajar studio, lapangan olah raga.

b. Tujuan Bahan Ajar

Bahan ajar dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik materi ajar yang disajikan. Bahan ajar disusun dengan tujuan:

1. Menyajikan bahan ajar yang selaras pada keperluan kurikulum, lingkungan, setting, serta karakteristik siswa.

2. Membentuk komunikasi pembelajaran diantara siswa serta guru secara efisien, dikarenakan siswa akan lebih memperlihatkan kepercayaannya kepada guru.
3. Memberikan dukungan pada siswa dalam mendapatkan bahan ajar alternatif selain buku pelajaran pada umumnya.
4. Memberikan peluang bagi siswa untuk belajar mandiri serta meminimalkan ketergantungan siswa akan kehadiran dari guru.
5. Mempermudah guru dalam penyelenggaraan pembelajaran (Depdiknas, 2008: 9).

Menurut Prastowo (2011 : 26), untuk tujuan pembuatan bahan ajar, ada empat hal pokok yang melingkupinya yaitu:

1. Membantu peserta didik dalam melengkapi sesuatu
2. Menyediakan berbagai pilihan bahan ajar, sehingga mencegah timbulnya rasa bosan pada peserta didik.
3. Memudahkan peserta didik dalam melaksanakan pembelajaran
4. Agar kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik.

c. Kelebihan Bahan Ajar

Bahan ajar cetak dengan sifat lengkap berarti mencakup beragam hal yang sangat dibutuhkan pada aktivitas pembelajaran seperti tujuan kompetensi/pembelajaran, prasyarat yakni materi-materi pelajaran yang mendukung, materi pembelajaran yang secara sistematis tersusun, prosedur pembelajaran, serta tugas ataupun latihan yang harus dikerjakan oleh siswa. Prastowo (2018: 48) menjelaskan, bahan ajar cetak yakni sebuah bahan ajar dengan wujud tulisan serta dibuat mempergunakan media cetak. Ataupun bisa

dikatakan sebagai materi ajar maupun informasi yang disimpan dalam wujud teks, bahan ajar cetak juga memiliki keunggulan dan kelemahan. Berikut merupakan keunggulan dari bahan ajar cetak diantaranya yaitu:

1. Bahan ajar yakni media canggih yang mampu mendukung perkembangan kapabilitas siswa dalam mempelajari fakta serta memahami prinsip-prinsip abstrak maupun dengan mempergunakan argumentasi logis.
2. Bahan ajar cetak mampu memaparkan angka-angka, kata-kata, notasi music, diagram, serta gambar dua dimensi.
3. Bahan ajar dapat dilengkapi dengan ilustrasi berwarna.
4. Bahan ajar mempunyai sifat self-sufficient, dimana pada penggunaannya tidak membutuhkan perangkat lain, portable (mudah dibawa) dikarenakan mempunyai bentuk yang ringan dan kecil, informasi yang dikandung bisa dengan cepat diakses serta secara sekilas bisa dibaca dengan mudah oleh pengguna.

d. Kelemahan atau Kekurangan Bahan Ajar

Penerapan bahan ajar pada aktivitas pembelajaran juga mempunyai beragam kekurangan, misalnya:

1. Pemaparan materi pada bahan ajar cetak mempunyai sifat Tidak bisa menyajikan gerakan.
2. Tidak mampu mempresentasikan kejadian secara berurutan.
3. Diperlukan biaya yang cukup mahal dalam membentuk bahan ajar cetak yang baik.
4. Tidak bisa secara berurutan mempresentasikan kejadian.

a). Pengertian Buku

Menurut (KBBI) Kamus Besar Bahasa Indonesia, buku yakni sekumpulan lembaran kertas yang terjilid, dalam lembaran tersebut berisi tulisan maupun kosong. Buku merupakan kumpulan kertas atau bahan lainnya kemudian dijadikan satu dan berupa tulisan ataupun gambar.

Menurut Sitepu (2012 :8) Buku adalah kumpulan kertas berisi informasi, tercetak, disusun secara sistematis, dijilid serta bagian luarnya diberi pelindung terbuat dari kertas tebal, karton atau bahan lain.

Suwarno (2011: 77) menyebutkan mengenai bagian-bagian penyusun buku secara umum. Struktur atau bagian-bagian buku secara umum tersebut adalah sebagai berikut:

1). Cover

- a) Cover atau sampul buku merupakan bagian pelindung paling luar buku yang berguna untuk penyajian judul halaman publikasi, nama penulis, penerbit yang disertai gambar grafis untuk mendukung daya tarik pembaca. Berdasarkan peletakan atau posisinya maka cover atau sampul buku terdiri dari:
- b) Cover depan, merupakan tampilan depan atau muka buku yang terletak di bagian awal buku
- c) Cover belakang, merupakan cover yang terletak pada bagian akhir atau belakang buku yang menjadi penutup buku

- d) Punggung buku, biasanya ada pada buku-buku yang tebal dimana terletak pada samping atau antara cover depan dan belakang sebagai pelindung ketebalan buku
- e) Endorsement, merupakan kalimat dukungan yang diberikan oleh pembaca awal yang ditulis pada cover buku bagian belakang sebagai bentuk penguatan dan daya pikat sebuah karya cetak
- f) Lidah cover, dibuat untuk kepentingan estetika terbitan atau juga menunjukkan keeksklusifan dan sesuatu yang berbeda dari buku. Lidah cover biasa berisi foto beserta riwayat hidup penulis atau ringkasan buku yang biasa juga disebut dengan telinga buku atau jaket buku.

2). Halaman Preliminaries

- a) Halaman preliminaries ini merupakan halaman pendahuluan yang sangat perlu disertakan sebelum informasi atau isi utama buku disampaikan, peletakkannya tepat di antara cover dan isi buku. Halaman preliminaries dapat terdiri atas:
 - b) Halaman judul, berisi judul, sub-judul, nama penulis, nama penerjemah, hingga penerbit. Banyak juga buku yang menambahkan halaman prancis atau halaman kulit ari yang hanya berisi judul buku saja
 - c) Halaman kosong, biasanya terletak dibalik halaman prancis yang tidak memuat informasi apapun. Beberapa penerbit memanfaatkan halaman ini untuk menampilkan undang-undang hak cipta

- d) Catatan hak cipta (copyright), pada halaman ini memuat judul buku, nama penulis/pengarang/penerjemah, pemilik hak cipta hingga tim publikasi seperti desainer sampul dan ilustrasi
- e) Halaman tambahan, halaman tambahan berisi prakata atau kata pengantar dari penulis
- f) Daftar isi.

3). Bagian Utama (Isi)

Bagian isi ini tentu saja bagian yang memuat dan membahas informasi atau materi inti dari buku tersebut. Beberapa bagian yang menyusun Bagian Inti atau isi ini antara lain:

- a) Pendahuluan, merupakan sebagai awalan sebelum pembaca membaca pokok permasalahan sehingga pembaca mengetahui mengapa pokok permasalahan tersebut perlu dibahas
- b) Judul Bab, sebuah buku biasanya terdiri dari beberapa bab dimana masing-masing bab membahas mengenai topik umum tertentu
- c) Penomoran Bab
- d) Alinea, atau paragraf ini merupakan bagian dimana penulis menuangkan isi atau apa yang hendak disajikan
- e) Perincian, deskripsi mengenai objek agar pembaca tidak bingung terhadap objek yang sedang dibahas, biasanya untuk objek atau istilah asing
- f) Kutipan
- g) Ilustrasi

- h) Judul lelar, biasanya ditempatkan diatas atau dibawah teks biasanya berisi judul buku atau judul bab atau nama pengarang sebuah buku
- i) Inisial, penegasan awalan huruf atau kalimat pada masing-masing bab dilakukan dengan mencetak tebal dan membuat ukuran sebuah huruf lebih besar dari huruf lainnya

4). Bagian Postliminary

Bagian postliminary ini merupakan bagian akhir untuk menutup isi buku. Diletakan antara bagian utama dengan cover belakang buku. Bagian postliminary ini terdiri atas:

- a) Catatan penutup, biasanya berisi kesimpulan atau ringkasan atau penambahan materi atau informasi yang relevan
- b) Daftar istilah atau glossary
- c) Lampiran
- d) Indeks, berupa daftar istilah yang terdapat dalam buku yang disertai dengan halaman kemunculan istilah tersebut tanpa disertai arti dan disusun secara alfabetis agar mempermudah pencarian
- e) Daftar pustaka
- f) Biografi penulis

D. Kerangka Konseptual

Untuk menghindari penafsiran yang berbeda-beda ataupun pengertian yang salah dan meluas tentang penelitian ini dengan pedoman pada kerangka teoritis yang akan dikemukakan maka penulis membuat batasan istilah sebagai berikut :

1. Biofilter merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisme yang secara alamiah berada dalam limbah cair untuk mereduksi kandungan senyawa-senyawa organik dan non organik
2. *Bivalvia* berasal dari famili moluska yang memiliki ciri khas pada cangkangnya.
3. Pengembangan bahan ajar yaitu materi yang dikembangkan oleh dosen dan diberikan kepada peserta didik agar lebih mudah untuk dipahami.
4. Buku yaitu bahan ajar berupa buku cetak maupun digital yang diberikan kepada mahasiswa agar mudah dipahami oleh mahasiswa buku juga dikemas secara sistematis dan menarik dengan cakupan materi metode dan evaluasi yang dapat dipakai secara mandiri agar tercapai kompetensi yang diharapkan (pusdiklat perpusnas, 2021).

E. Perumusan Hipotesis

Hipotesis dapat didefinisikan pernyataan atau dugaan sementara dalam suatu penelitian dan akan diuji keabsahannya berdasarkan kajian teoritis, maka hipotesis dari penelitian ini adalah :

Ho : Tidak ada pengaruh penggunaan kelas *Bivalvia (Perna sp)* sebagai Biofilter menjernihkan air laut keruh menjadi bersih.

Ha : Ada pengaruh penggunaan kelas *Bivalvia (Perna sp)* sebagai biofilter menjernihkan air laut keruh menjadi bersih.