

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tinjauan Karakteristik Umum Hutan Mangrove

Hutan mangrove dapat di definisikan sebagai hutan tipe vegetasi berkayu dapat tumbuh berkelompok di zona litoral dengan kondisi lingkungan mulai dari basah hingga sangat kering, dan di atas lahan gambut hingga lempung berpasir. Menurut Menteri Lingkungan Hidup No 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove berpendapat mangrove adalah tumbuhan Dicotyledoneae dan Monocotyledoneae yang memiliki keterkaitan taksonomi sampai dengan taksa kelas dan mempunyai persamaan adaptasi morfologi dan fisiologi terhadap habitat yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. (Giesen et al., 2006). Spesies mangrove pada ekosistem hutan mangrove dapat tumbuh dan berkembang, dan menjaga keutuhan ekosistem salah satunya dukungan dari berbagai tipe akar sebagai contoh akar tunjang, akar pasak, akar banir dan akar lutut. Menurut Tumangger & Fitriani (2019) dimensi morfologi perakaran mangrove yang kokoh mampu menjaga daratan dari pengaruh ombak air laut, saat naiknya permukaan air, erosi daratan, serta melindungi pantai dari abrasi, dan badai angin laut.

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi dan menentukan pertumbuhan populasi mangrove yaitu topografi, salinitas, pH, iklim (intensitas cahaya matahari, curah hujan, dan suhu) kadar oksigen terlarut, dan substrat. Topografi adalah dimensi permukaan dasar berpengaruh terhadap zonasi tumbuhan mangrove. Salinitas merupakan kadar ion-ion penyusun garam seperti Na dan Cl yang terkandung pada air laut setiap tumbuhan mangrove memiliki kemampuan fisiologis yang berbeda terhadap konsentrasi garam. Iklim adalah kejadian yang terjadi secara berulang dan karakter cuaca yang terjadi disuatu daerah, dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan. Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan difusi udara di atmosfer, semakin tinggi nilai oksigen terlarut maka kualitas air semakin baik. Substrat pada zona mangrove membuat tekstur berdasarkan ukuran partikel, substrat dibedakan atas krikil/batu,

pasir, lanau (*silt*) dan lempung (*clay*). Menurut Noor, Khazali & Suryadiputra, (2006) mangrove Indonesia keanekaragaman spesies terbanyak memiliki 48 spesies mangrove yang tersebar di pulau-pulau dari 52 spesies mangrove di Asia Tenggara dapat diperhatikan pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Familia dan Spesies Mangrove Indonesia

Familia	Spesies
Acanthaceae	1. <i>Acanthus ebracteatus</i>
	2. <i>Acanthus ilicifolius</i>
	3. <i>Acanthus volubilis</i>
Pteridaceae	4. <i>Acrostichum aureum</i>
	5. <i>Acrostichum speciosum</i>
Plumbaginaceae	6. <i>Aegialitis annulate</i>
Myrsinaceae	7. <i>Aegiceras corniculatum</i>
	8. <i>Aegiceras floridum</i>
Loranthaceae	9. <i>Amyema anisomeres</i>
	10. <i>Amyema gravis</i>
	11. <i>Amyema mackayense</i>
Avicenniaceae	12. <i>Avicennia alba</i>
	13. <i>Avicennia eucalyptifolia</i>
	14. <i>Avicennia lanata</i>
	15. <i>Avicennia marina</i>
	16. <i>Avicennia officinalis</i>
<u>Malvaceae</u>	17. <i>Brownlowia argentata</i>
	18. <i>Brownlowia tersa</i>
Rhizophoraceae	19. <i>Bruguiera cylindrica</i>
	20. <i>Bruguiera exaristata</i>
	21. <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>
	22. <i>Bruguiera hainesii</i>
	23. <i>Bruguiera parviflora</i>
	24. <i>Bruguiera sexangula</i>
Bombacaceae	25. <i>Camptostemon philippinense</i>
	26. <i>Camptostemon schultzii</i>
Rhizophoraceae	27. <i>Ceriops decandra</i>
	28. <i>Ceriops tagal</i>
Euphorbiaceae	29. <i>Excoecaria agallocha</i>
Euphorbiaceae	30. <i>Heritiera globosa</i>
	31. <i>Heritiera littoralis</i>
Rhizophoraceae	32. <i>Kandelia candel</i>
Combretaceae	33. <i>Lumnitzera littorea</i>
	34. <i>Lumnitzera racemosa</i>
Arecaceae	35. <i>Nypa fruticans</i>
Myrtaceae	36. <i>Osbornia octodonta</i>

	37. <i>Oberonia rhizophoreti</i>
Lythraceae	38. <i>Pemphis acidula</i>
Rhizophoraceae	39. <i>Rhizophora apiculata</i>
	40. <i>Rhizophora mucronata</i>
	41. <i>Rhizophora stylosa</i>
Rubiaceae	42. <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>
Sonneratiaceae	43. <i>Sonneratia alba</i>
	44. <i>Sonneratia caseolaris</i>
	45. <i>Sonneratia ovata</i>
Meliaceae	46. <i>Xylocarpus granatum</i>
	47. <i>Xylocarpus moluccensis</i>
	48. <i>Xylocarpus rumphii</i>

Sumber: (Noor et al., 2006 :7)

2.1.2 Distribusi Hutan Mangrove Indonesia

Pada umumnya mangrove dapat ditemukan di seluruh penjuru kepulauan Indonesia, mangrove terluas berada di Irian Jaya sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28 %) dan Sumatera 673.300 ha (19%) menurut (Kartika, Istomo & Amanah, 2018). Terdapat perbedaan keanekaragaman mangrove di setiap zonanya karena memiliki proses lingkungan yang berbeda. Menurut Noor, Khazali & Suryadiputra, (2006:9) dari 202 jenis mangrove yang sudah diketahui, 116 jenis terdapat di Jawa 157 kategori di Sumatera, 150 ketegori di Kalimantan, 142 kategori di Irian Jaya, 135 kategori di Sulawesi, 133 kategori di Maluku, dan 120 kategori di Kepulauan Sunda Kecil.

Persebaran hutan mangrove Indonesia kini memprihatinkan sebagai negara berkembang kebutuhan akan lahan untuk pembangunan pemukiman, pertanian, tambak perikanan, ldan ahan komersil lainnya meningkat. Hal ini sependapat dengan (Wardhani, 2011) menyatakan kegiatan manusia mengakibatkan rusak dan hilangnya hutan mangrove karena konversi lahan adanya kegiatan reklamasi pembuatan perumahan, tambak, industri, pemanfaatan kayu, dan pertambangan pasir. Hal ini membuat kemampuan toleransi tumbuhan mangrove terganggu terutama habitat yang sangat dekat daratan dan aktivitas antropogenik tersebut. Sebagaimana pendapat (Mughofar, Masykuri & Setyono 2018) ekosistem hutan mangrove bertabiat dinamis, labil, dan rumit, dikatakan dinamis sebab dapat berkembang dan terus bertumbuh, melewati proses suksesi serta menghadapi

peralihan zonasi. Ekosistem mangrove bertabiat labil karena mudah mengalami kerusakan ketika terjadi maka tidak mudah untuk memulihkannya, dan dikatakan rumit karena berdasarkan letak habitatnya berdampingan dengan berbagai jenis satwa daratan dan biota perairan.

Lahan hijau hutan mangrove dikenal sebagai salah satu penerapan konsep *blue carbon*, karena mampu mengontrol siklus produksi karbon dioksida (CO₂) dan meningkatkan atau mempertahankan proses pembentukan oksigen (O₂) bagi makhluk hidup, namun tidak menutup kemungkinan hutan mangrove rapuh dan mudah rusak akibat adanya perubahan lingkungan disebabkan oleh tindakan fisik langsung seperti memotong, membongkar menimbun, dan membakar. Maka setiap pemerintah daerah perlu memonitoring secara langsung kegiatan yang dilakukan masyarakat atau mengkaji pembangunan kegiatan komersil yang mementingkan kepentingan pribadi tanpa melakukan rehabilitas ataupun reboisasi.

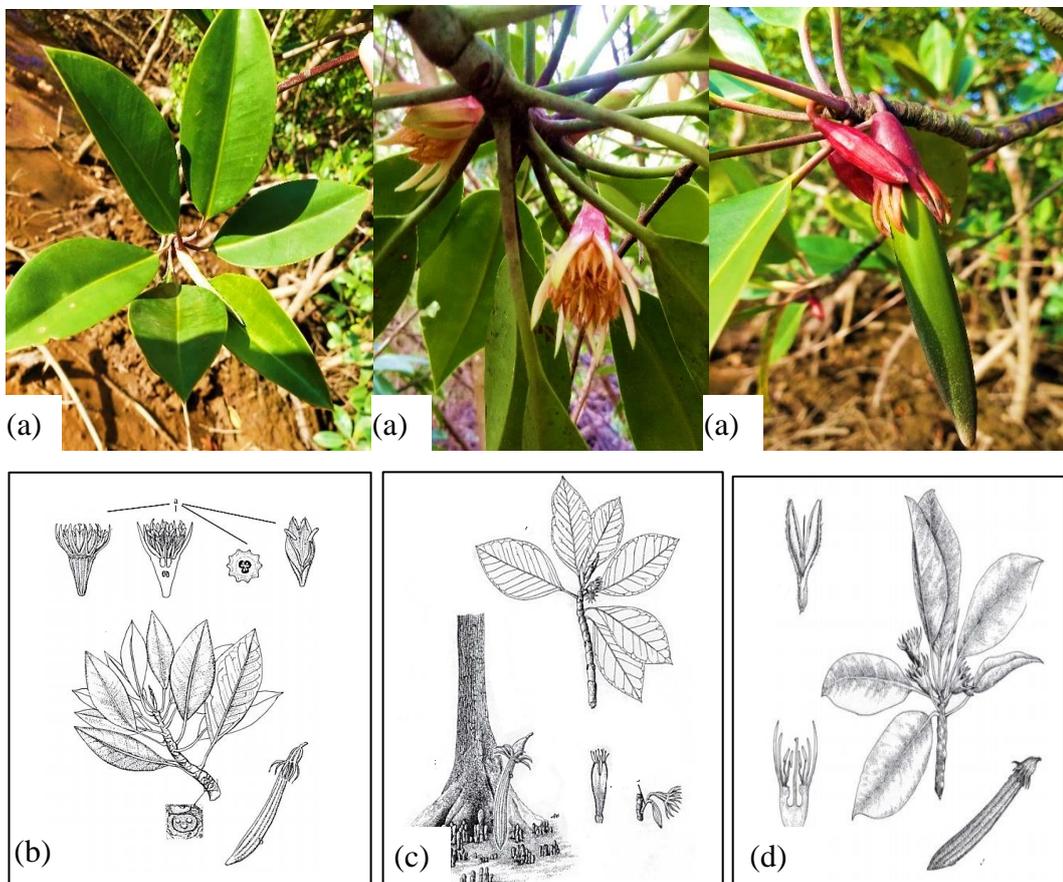
2.1.3 Mangrove Familia Rhizophoraceae

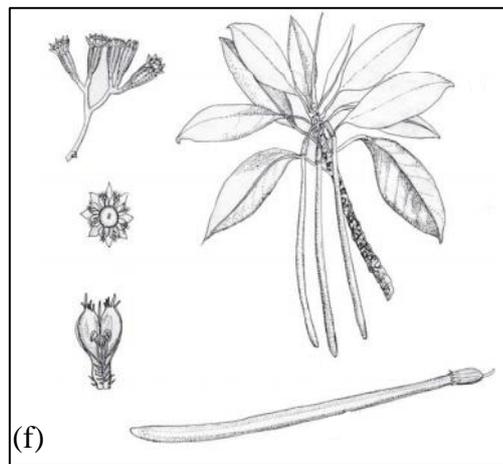
Mangrove familia Rhizophoraceae secara global bebas menempati garis tepi namun pada bagian zona terbuka hingga zona tengah secara bertahap menipis ke bagian tepi mendekati daratan. Keanekaragaman jenis familia ini berlimpah dengan struktur tumbuhan sejati, mampu bereproduksi saat buah masih di pohon membentuk hipokotil menyerupai pensil bewarna hijau, bentuknya memanjang sering disebut sebagai propagul ketika sudah dewasa bewarna kecoklatan dan siap disemai atau secara langsung jatuh dan tertancap ke permukaan tanah jika kondisi fisik lingkungan baik maka menjadi individu baru. Sebagaimana menurut Hardiansyah & Noorhidayati, (2021) sebagian dari keanekaragaman mangrove berkembang dengan buah yang sudah berkecambah sewaktu masih di pohon induk, seperti *Kandelia*, *Bruguiera*, *Ceriops* dan *Rhizophora*. Namun, keberadaan beberapa jenis mangrove semakin berkurang akibat ahli fungsi lahan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab, sebagaimana menurut Tala, (2020) familia Rhizophoraceae lebih diutamakan saat kegiatan rehabilitasi karena kelestarian familia ini lebih rentan terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan familia lainnya. Tumbuhan mangrove familia Rhizophoraceae terdiri dari 4 genus

yaitu *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*, dan *Rhizophora* dan memiliki 12 spesies (Noor, Khazali & Suryadiputra 2007) sebagai berikut:

2.1.3.1 *Bruguiera*

Bruguiera adalah genus terbesar dari tumbuhan yang termasuk dalam familia Rhizophoraceae beranggotakan enam spesies mangrove sejati (*Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera sexangula*, *Bruguiera exaristata*, *Bruguiera hainesii*, *Bruguiera cylindrica*, *Bruguiera parviflora*) menurut (Noor, Khazali & Suryadiputra, 2007). Berdasarkan (gambar 2.1) ukuran bunga dan hewan penyerbuk, secara umum di pisahkan menjadi dua kelompok, *Bruguiera* dengan kelopak bunga bertaju runcing berukuran besar (*Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera sexangula*, *Bruguiera exaristata*, dan *Bruguiera hainesii*) hewan penyerbuk berukuran besar seperti burung, sedangkan dua jenis yang tersisa (*Bruguiera cylindrica*, dan *Bruguiera parviflora*) memiliki ukuran kelopak bunga lebih kecil, taju runcing diserbuki oleh serangga (Duke & Ge, 2011) karakteristik tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut.





Gambar 2.1 karakteristik genus *Bruguiera* kelopak bunga bertaju runcing berukuran besar, (a) *Bruguiera gymnorrhiza* (b) *Bruguiera exaristata* (c) *Bruguiera hainessii* dan (d) *Bruguiera sexangula*. Karakteristik genus kelopak bunga bertaju runcing berukuran kecil (e) *Bruguiera cylindrica* dan (f) *Bruguiera parviflora*.

Sumber: dokumentasi pribadi (27 Maret 2021) dan dari buku Noor, Khazali, & Suryadiutra, (2006: 78-89)

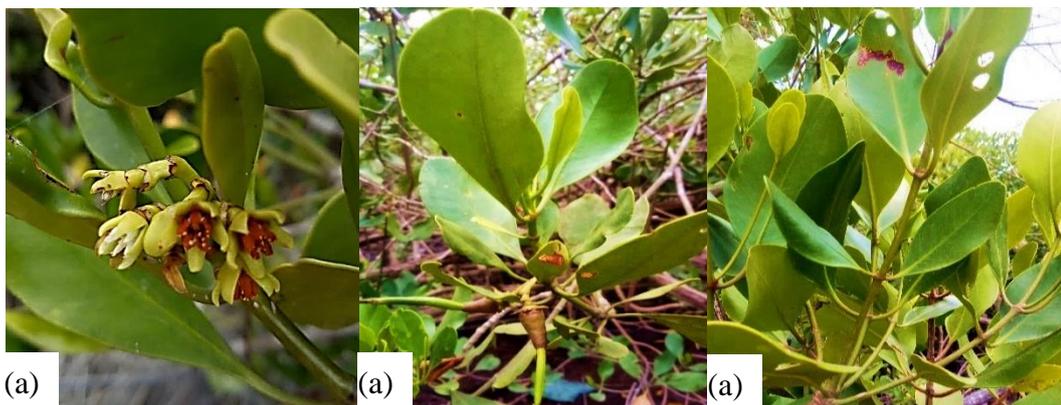
Secara umum genus *Bruguiera* memiliki bentuk daun pada ujungnya ada runcing (*acutus*) hingga meruncing (*acuminatus*), pada bagian pangkalnya runcing (*acutus*), berwarna hijau cerah dan berkilau, batang dengan penopang basal yang kokoh, akar lutut yang tebal, tunas bunga tunggal, kuncup bunga memiliki duri dan bulu, ketika kuncup kelopak bunga berwarna hijau hingga kuning, ketika bunga mekar dan dewasa berwarna merah (Noor, Khazali & Suryadiputro, 2006:82). Propagul *Bruguiera* merupakan buah mangrove yang telah terpisah bagian hipokotilnya sehingga telah memiliki plumula termasuk jenis mangrove yang

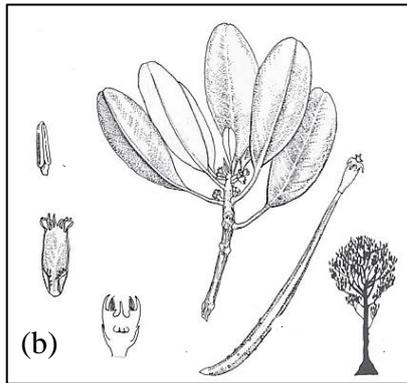
tumbuh dibagian darat dengan salinitas rendah atau mendekati air tawar Priyono (2010) dalam (Hastuti et al., 2016).

2.1.3.2 *Ceriops*

Memiliki batang tumbuhan dalam rupa pohon berkayu, pada saat anakan masih terlihat seperti semak, tegakan pohon memiliki batang tegak tinggi dengan pola percabangan berdaun lebat dari tengah hingga ujung batang utama pohon. *Ceriops* menghasilkan kayu paling kuat dari antara jenis mangrove yang lain, dimanfaatkan untuk pembuatan konstruksi bangunan, batalan rel kereta api dan bahan arang yang baik. Menurut Noor, Khazali & Suryadiputra, (2006:96). Genus *Ceriops* yang diketahui ada di Indonesia terdiri dari dua spesies, yaitu *Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob. dan *Ceriops decandra* (Griff.) Ding Hou

Berdasarkan (gambar 2.2) ciri khas genus ini memiliki daun berhelai tunggal, bentuk daun bulat telur sungsang (*obovatus*) hingga elips, bentuk ujung daun membulat (*rotundatus*) dan bentuk bagian pangkal daun runcing (*acutus*) hingga tumpul (*obtusus*), permukaan daun mengkilap licin dan saling berhadapan. Jika daun berguguran akan menggoreskan jejak seperti cincin di permukaan percabangan daun, *Ceriops* dapat di temukan pada bagian sedimen yang cukup kering menjorok ke dalam untuk mendapat perlindungan, dan akan tergenang air laut jika terjadi pasang tinggi *Ceriops* pada umumnya beradaptasi dengan tipe akar papan, spesies tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut.





Gambar 2.2 karakteristik genus *Ceriops* yaitu a) *Ceriops tagal* dan (b) *Ceriops decandra*

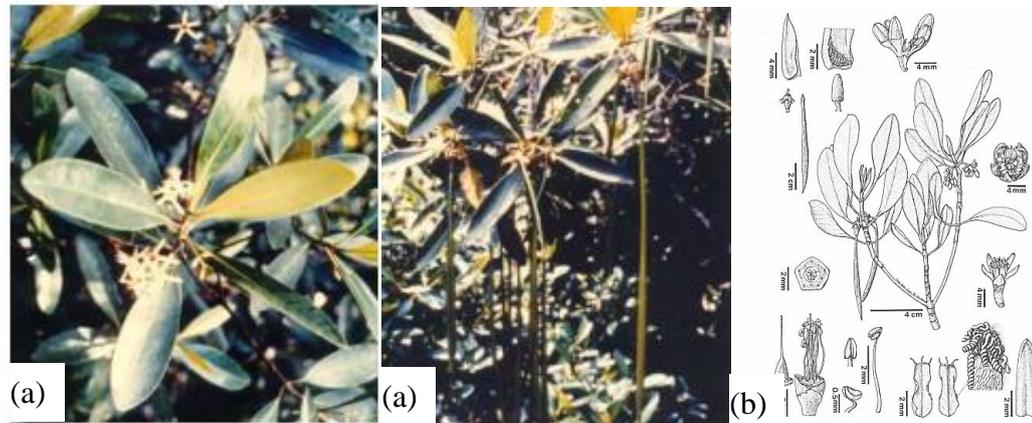
Sumber: dokumentasi pribadi (22 Februari 2021) dan Noor, Khazali, & Suryadiutra, (2006: 94-96)

2.1.3.3 *Kandelia*

Genus *Kandelia* memiliki 2 anggota spesies yaitu *Kandelia candel* dan *Kandelia obovata*, khusus jenis *Kandelia obovata* tersebar di negara Vietnam, China, Taiwan, dan Jepang. Sedangkan Indonesia sementara teridentifikasi di Pulau Natuna dengan jenis *Kandelia candel* (Sarno, Onrizal & Ridho 2020). *Kandelia candel* pada umumnya ditemukan ditepi sungai hingga mencapai 10 m ke arah dalam menurut (Sarno et al., 2020). *Kandelia candel* merupakan salah satu tumbuhan mangrove langka tersebar hanya di Sumatera Pantai Timur dan sebagian wilayah Kalimantan menurut (Suwignyo, Munandar & Sarno, 2008). Perawakan jenis pohon kecil tinggi mencapai 7 m permukaan batang berwarna coklat kemerah-merahan, tegakan pohon bagian bawah lebih tebal, bentuk daun bulat elips memanjang, bagian ujung meruncing, bunga berwarna putih tangkai bunga bercabang 2 jumlah 4-9 bunga, bentuk bunga bercuping sejajar melengkung penuh saat bunga mekar, buah berwarna hijau, dan hipokotil berbentuk silindris panjang sekitar 15-40 cm menurut (Noor et al., 2006:106)

Kandelia obovata ujung daun berbentuk tumpul (*obtusus*), pangkal daun tumpul (*obtusus*) hingga runcing (*acutus*), bunga mekar ketika siang hari dan layu keesokan harinya, kepala sari berwarna merah tua berbentuk linier dan ukurannya lebih panjang dari *Kandelia candel*, reproduksi kedua jenis ini vivipari,

perkecambahan biji buah sejati membentuk propagul yang dewasa sebagai individu baru (Sheue, 2002) dapat dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 karakteristik genus *Kandelia* yaitu *Kandelia candel* (a) dan (b) *Kandelia obovata*.

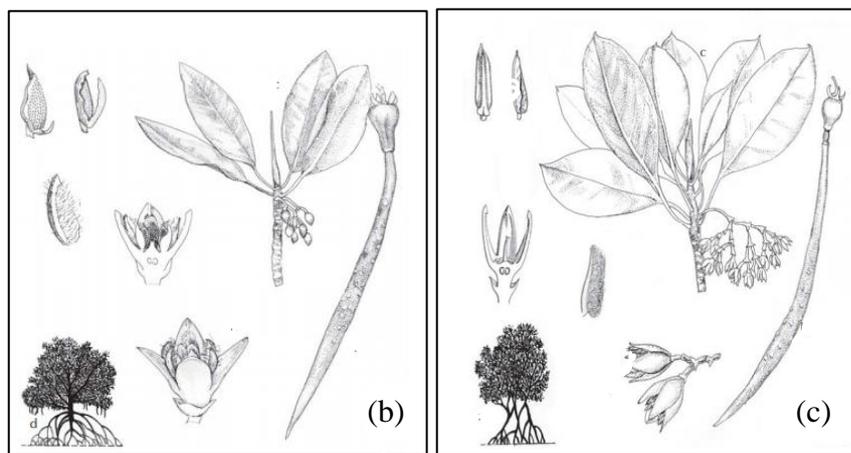
Sumber: Noor, Khazali & Suryadiputra (2006:107) dan Sheue, (2002)

2.1.3.4 *Rhizophora*

Rhizophora merupakan sering disebut sebagai tumbuhan pionir atau tergolong sebagai tumbuhan penyusun terdepan pesisir dan sepanjang waktu digenangi oleh perairan sungai atau laut (Tihurua, Liani & Rahhmawati, 2020). Genus *Rhizophora* memiliki tiga spesies yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora stylosa*. Secara umum genus ini memiliki tipe akar tunjang yang bercabang banyak, bentuk ujung daun runcing (*acutus*) hingga meruncing (*acuminatus*), dan pangkal daun runcing (*acutus*). *Rhizophora apiculata* merupakan yang lebih menonjol pada daerah pasang surut dengan morfologi akar tunjang yang banyak menyusuri permukaan tanah untuk mempertahankan pondasi pohon beridri tegak dalam substrat berlumpur. Menurut Tumangger & Fitriani, (2019) *Rhizophora* diadaptasikan dengan tipe perakaran tunjang percabangan lebih dari dua, fungsinya untuk mendirikan pohon dengan kuat dan meredahkan bilamana terjadi hempasan badai angin laut dan deras ombak menuju daratan.

Reproduksi *Rhizophora* umumnya bersifat reproduksi vivipari, yaitu kondisi biji mampu berkecambah ketika buah masih melekat pada pokok induknya, dan tidak tertutup atau keluar dari kulit biji. Menurut Hidayatullah & Pujiono, (2014) selain itu jenis *Rhizophora mucronata* juga memiliki kesempatan hidup yang lebih tinggi karena memiliki propagul yang jauh lebih besar sehingga cadangan

makanannya lebih besar. Jenis dari genus terakhir yang ada di Indonesia *Rhizophora stylosa* cocok kondisi pada habitat yang substrat lebih berpasir, dan pecahan terumbu karang seperti ditepian pantai. Berbeda dengan *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* menyukai habitat yang lunak hingga berlumpur dan tergenang (Jalaludin et al., 2020). Bentuk *Rhizophora apiculata* dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 karakteristik genus *Rhizophora* yaitu (a) *Rhizophora apiculata* (b), *Rhizophora mucronata* dan (c) *Rhizophora stylosa*

Sumber: dokumentasi pribadi (22 Februari 2021) dan Noor, Khazali &

Suryadiputra (2006:121-123)

2.1.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kehidupan Mangrove

Pertumbuhan mangrove dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti keadaan fisik, kimia, dan biologi, ditinjau dari fisiografi pantai (topografi), pasang surut (lama, durasi, rentang), salinitas, tanah, oksigen terlarut, iklim (cahaya matahari, curah hujan, suhu, dan angin) menurut (Alwidakdo, Azham & Kamarubaya, 2014). Berikut penjelasan faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan hutan mangrove:

2.1.4.1 Faktor Fisik

1) Topografi

Topografi merupakan dimensi permukaan suatu wilayah sebagaimana menurut Tumangger & Fitriani, (2019) dengan topografi akan mengetahui tinggi atau rendahnya permukaan dasar suatu perairan, secara umum permukaan ekosistem mangrove lebih landai begitupun dengan permukaan air yang lebih tenang. Keanekaragaman ekosistem hutan mangrove lebih banyak di temukan pada permukaan landai jika di bandingkan dengan tipologi pantai yang curam. Karena permukaan landai menyediakan ceruk berkapasitas besar untuk memaksimalkan pertumbuhan mangrove sehingga persebaran komposisi jenis menjadi semakin bervariasi dan luas (Alwidakdo, Azham & Kamarubaya, 2014).

2) Substrat

Substrat perairan merupakan penyusun sedimentasi daratan perairan yang kompleks, menjadi habitat berbagai jenis komponen abiotik dan biotik tertentu. Menurut Dewi & Herawatiningsih, (2017) hutan mangrove substratnya berupa tanah, bertekstur halus, memiliki kadar garam yang relatif rendah, dan memiliki kemampuan alkalinitas (menetralsisir keasamaan air). Menurut Darmadi, Lewaru & Khan, (2012) karakteristik substrat yang di tempati setiap komunitas mangrove sebagai pembatas terhadap kemampuan pertumbuhan, tekstur, dan kandungan bahan organik. Sehingga kondisi karakteristik substrat tersebut mempengaruhi kehadiran jenis mangrove misalnya komposisi substrat cocok dengan suatu jenis mangrove maka kehadiran spesies mangrove menjadi lebih banyak. Mughofar, Masyukuri & Setyono, (2018) menyatakan hal tersebut erat kaitannya dengan jenis substrat lumpur, pasir, gambut, keterbukaan pada hempasan ombak, salinitas, dan pasang surut. Karena pasang surut membawa material substrat yang berbeda-beda dari daratan, sungai dan laut, tersusun secara priodik menyebabkan perbedaan

dalam pembentukan zonasi mangrove. Material tersebut biasanya berupa limbah organik ataupun anorganik dari aktivitas sisa aktivitas penduduk, sebagaimana menurut Patricia, Astono & Hendrawan, (2018) kandungan pupuk pertanian dan limbah padat dan cair dari rumah tangga mengandung unsur kimia fosfat dan nitrat yang dapat mengganggu kualitas air yang dihasilkan oleh tanah.

3) Pasang Surut

Pasang surut adalah keadaan naik turunnya permukaan air laut, yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi bulan dan bintang, pasang surut memiliki nilai penting dalam penyebaran propagul terbawa mengikuti arus pasang surut berkilometer menyebarkan laut hingga selat, jika berhasil beradaptasi pada lingkungan baru maka akan bertunas menjadi individu baru. Ketika mengalami pasang tinggi, biasanya zona ini sudah mendekati kearah daratan, pada dasarnya yang terbiasa beradaptasi dengan kondisi tersebut yaitu genus *Cerriops* dan *Bruguiera*, berdasarkan pembagian zona dari durasi pasang surut tertinggi ada yang hanya beberapa hari dalam sebulan contoh *Bruguiera sexangula* (Noor et al., 2006). Peranan secara langsung pasang surut mengatur gerakan air, frekuensi, secara tidak langsung mengontrol tingkat salinitas, persebaran substrat dan abrasi terhadap perkembangan jenis mangrove dan ekosistemnya (Pramudji, 2000).

4) Iklim

Iklim merupakan kondisi cuaca di wilayah tertentu dalam periode waktu yang lama, iklim menentukan jenis ekosistem makhluk hidup yang tercipta. Indonesia negara beriklim tropis karena berada di kawasan sekitar ekuator atau garis khatulistiwa. Hutan mangrove beradaptasi dengan baik di iklim subtropis dan tropis karena menjaga dari abrasi di wilayah pesisir serta menstabilkan fungsi hidrologis di wilayah tersebut (Haryani, 2013). Iklim terdiri dari beberapa unsur, setiap unsur memiliki pengaruh yang berbeda disetiap ekosistem pesisir.

Suhu merupakan unsur iklim sangat dominan di negara yang beriklim sedang, sedangkan hujan merupakan iklim yang dominan di negara beriklim tropis salah satunya seperti negara Indonesia, intensitas cahaya matahari merupakan energi penting membantu proses fotosintesis. respirasi, fisiologis dan struktur fisik tumbuhan (Salisbury & Ross, 1995). Intensitas cahaya matahari membantu pigmen

fitokrom yang pada tumbuhan untuk proses perbungaan dan pertunasan, di lahan terbuka akan menghasilkan lebih banyak bunga karena lebih maksimal menerima intensitas sinar matahari dibandingkan tumbuhan yang berada dibawah tutupan tumbuhan dewasa.(Hardiansyah & Noorhidayati, 2021).

2.1.4.2 Faktor Kimia

1) Salinitas

Kemampuan khas mangrove hidup dan berkembang dalam pengaruh salinitas, setiap zonasi persebaran mangrove memiliki tingkat salinitas yang berbeda karena kondisi fisiografi zona berbeda-beda begitupun kemampuan toleransi salinitas spesies tidak sama. Salinitas merupakan komposisi unsur-unsur penyusun garam, sampel salinitas dapat di ambil dari macam-macam sumber perairan yang dinyatakan dalam per mil (‰) atau garam perseribu air. Sebagaimana menurut Dahuri et al., (1996) dalam Hamuna et al., (2018) nilai salinitas perairan Indonesia, secara umum permukaan perairannya rata-rata berkisar 32%-34%. Nilai salinitas suatu permukaan air sangat dipengaruhi oleh perputaran air laut dan sungai, curah hujan, topografi, pasang surut dan evaporasi.

Beberapa diantara jenis tumbuhan mangrove secara permeabel mampu menghindari 90% masuknya garam dalam proses filtrasi. Sebagaimana menurut (Giesen et al.,2006) setiap jenis mangrove sudah diberikan mekanisme untuk secara aktif mengstabilkan garam pada jaringan tumbuhan dengan menggunakan akar dukungan disebut *pneumatophores* (akar udara), dan didukung oleh pendapat Popp., M. Polania., J. & Weiper., M, (1993) toleransi terhadap salinitas sebagai sifat protoplasma untuk mengatasi konsentrasi garam yang tinggi, meliputi toleransi terhadap efek toksik dan osmotik dari konsentrasi ion yang tinggi.

Nilai salinitas juga salah satu faktor kimia yang mempengaruhi laju proses dekomposisi dalam menghasilkan zat hara untuk pertumbuhan mangrove dan mempengaruhi kemampuan adaptasi biota dan mikroorganisme perairan. Menurut Hutaean, Kusmana & Dewi, (1999) pertumbuhan tinggi tiap individu mangrove yang baik jika salinitas rendah karena tumbuhan mangrove bukan tumbuhan yang membutuhkan garam (*salt demand*) tapi tumbuhan yang toleran terhadap garam (*salt tolerance*).

2) Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut dibutuhkan bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi, digunakan untuk proses respirasi dan metabolisme yang kemudian menghasilkan energi untuk makhluk hidup tumbuh dan berkembang. Didukung pendapat Ahmad, (2020) oksigen air laut berasal dari kegiatan fotosintesis oleh mikroorganisme akuatik yang menghasilkan klorofil dan adanya difusi dari udara.

Sebagaimana menurut Patty, (2018) kadar oksigen terlarut umumnya sekitar 5,7 - 8,5 mg/L. Kadar oksigen rendah jika perairan berwarna keruh, akibat dari dampak oleh sampah atau material yang berasal dari darat mengalir terbawa air hujan menuju ke muara sungai hingga berakhir di laut, sehingga terjadi aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik menjadi bahan anorganik semakin meningkat dalam menggunakan oksigen terlarut. Sebagaimana menurut (Patty, 2013) dibutuhkan konsentrasi oksigen yang tinggi untuk mendaur bahan organik baik secara biologis maupun kimiawi.

2.1.4.3 Faktor Biologi

Proses biologi merupakan proses reaksi pada makhluk hidup dengan lingkungannya. Hutan mangrove salah satu hutan pemasok bahan organik melalui proses dekomposisi menghasilkan unsur hara sehingga dapat menyuburkan perairan sekitarnya menyediakan makanan untuk organisme yang hidup di perairan tersebut. Hal ini didukung dengan pendapat Susiana, (2015) produktifitas terbesar terjadi pada hutan mangrove, yaitu adanya proses dekomposisi serasah membantu detritus organik menghasilkan sumber energi bagi biota laut. Proses terjadinya dekomposisi menurut Sari, Yunasfi & Suryanti, (2017) proses dekomposisi serasah mangrove dimulai dari penghancuran daun yang dilakukan oleh makrobentos, selanjutnya bakteri dan fungi akan menguraikan partikel-partikel organik dengan mengeluarkan enzim sehingga dapat menguraikan bahan organik menjadi protein. Sumber hara yang dihasilkan sangat bermanfaat bagi pertumbuhan mangrove dan menjadi sumber makanan bagi ikan dan invertebrata.

2.1.5 Zonasi Mangrove

Berdasarkan tipe vegetasi mangrove menurut (Noor et al., 2006:8) umumnya tumbuhan dibagi dalam 4 zona sebagai berikut:

2.1.5.1 Zona Mangrove Terbuka

Bagian yang berhadapan langsung dengan air laut biasanya didominasi oleh spesies *Sonneratia alba* yang tumbuh pada areal yang betul-betul dipengaruhi oleh air laut dan mendominasi di daerah berpasir, selain itu juga ada *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* cenderung untuk mendominasi daerah yang lebih berlumpur.

2.1.5.2 Zona Mangrove Tengah

Bagian ini terletak di bagian belakang zona mangrove terbuka, di zona ini biasanya didominasi oleh jenis *Rhizophora sp.*, jenis lain yang ditemukan *Bruguiera cylindrica*, *Bruguiera sexangula*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora mucronata*, *Xylocarpus granatum* dan *Xylocarpus Moluccensis*.

2.1.5.3 Zona Mangrove Payau

Posisi mangrove berada dari sungai berair payau hingga hampir tawar. Di zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* atau *Sonneratia*.

2.1.5.4 Zona Mangrove Daratan

Posisi mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove sudah di daratan. Jenis-jenis yang sering di temukan area ini *Ficus microcarpus (F. retusa)*, *Intsia bijuga*, *Nypa fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus sp.* dan *Xylocarpus moluccensis*.

2.1.6 Fungsi Hutan Mangrove

Hutan mangrove memiliki peranan yang penting di lingkungan pesisir, terdapat fungsi hutan mangrove yakni fungsi fisik, ekologi, biologi, dan ekonomi (Mustika, Kustanti & Hilmanto, 2017) sebagai berikut;

2.1.6.1 Fungsi Fisik

Fungsi fisik mangrove, yaitu daya adaptasi morfologi akar yang kokoh dan elastis mampu berperan sebagai pelindung daratan atau penahan gangguan fisik seperti angin dan ombak, dan pencegah intrusi air laut ke daratan sehingga air sumur air sumur disekitarnya menjadi lebih tawar. Sebagaimana menurut Purnamawati et al., (2007) fungsi fisik akar mangrove yang kekal mampu meredahkan pengaruh

gelombang, menjaga ke stabilan garis pantai, menahan intrusi air laut, melindungi pantai dari abrasi, dan angin topan laut.

2.1.6.2 Fungsi Ekologi

Fungsi ekologi hutan mangrove sebagai sumber plasma nutfah menyediakan area pemijahan (*spawning ground*), asuhan (*nursery ground*), mencari makan (*feeding ground*), sarang (*nesting ground*), dan istirahat (*resting ground*) untuk sebagian biota antara lain burung pantai, ikan, udang, kepiting, reptil dan mamalia (Habibi Elhaq & Satria, 2011). Sifat timbal balik yang dimiliki makhluk hidup di ekosistem mangrove sangat kompleks menurut Eddy et al., (2019) salah satunya dilihat dari akar nafas mangrove dapat menjaga ekosistem dan menyediakan substrat yang cukup, pohon bakau dan tajuknya menyediakan habitat penting bagi burung, mamalia, serangga, dan reptil, bagian di akarnya hidup berbagai jenis tunicates, spons, alga, dan bivalvia. Sedangkan ruang antara akar membentuk habitat bagi hewan motil seperti ikan, udang dan kepiting.

2.1.6.3 Fungsi Biologi

Fungsi biologi mangrove membantu proses daun ketika gugur, pohon mangrove memiliki daun ketika tua akan jatuh kepermukaan air, daun tua ini disebut serasah, nantinya akan terdekomposisi, dibantu oleh marobentos kemudian serasah akan menjadi ukuran yang lebih kecil, selanjutnya proses biologi dilakukan oleh bakteri dan fungi sebagai dekomposer untuk mengurai kembali menjadi partikel lebih kecil dan mengeluarkan enzim yang akan menguraikan bahan organik menjadi protein (Yahya, 2017). fungsi biologi lainnya hutan mangrove juga menjadi kawasan bertelur atau berkembangbiak beberapa biota laut seperti udang, ikan, kerang, kepiting dan lebah hutan (Wasis, 2020).

Fungsi proses biologikimiawi yang terjadi pada ekosistem hutan mangrove menurut Warpur, (2016) sebagai penyerap polutan, khususnya bahan organik sebagai sumber energi bagi ekosistem perairan hutan mangrove, tempat terjadinya daur ulang yang menghasilkan oksigen, dan penyerapan karbon dioksida, dan sebagai tempat pengolah bahan-bahan limbah industri. Hutan mangrove memproduksi nutrisi untuk memenuhi unsur-unsur mikro dan makro makhluk hidup perairan laut, memproses perputaran karbon, nitrogen dan sulfur.

2.1.6.4 Fungsi Ekonomi

Bila dilihat dari aspek sosial ekonomi, hutan mangrove yang berada disekitar pesisir dan dipulau-pulau kecil sangat bermanfaat bagi penduduk yang mendiami karena ekosistem hutan mangrove merupakan sumber daya yang memiliki nilai jual, seperti menjual hasil tangkapan *seafood*, penyedia keperluan rumah tangga hingga industri, misalnya sebagai bahan baku kayu bakar, kayu pondasi, kayu pembuatan kertas, bahan baku penyamak kulit dan juga sebagai bahan baku kayu pelapis. Menurut (Rusdianti & Sunito, 2012) ekosistem mangrove sebagai sumber mata pencarian, mengelolah bijak kawasan pertambakan, sumber bahan kayu untuk kerajinan bangunan, kayu beserta kulit pohon yang diolah menjadi (arang, obat dan makanan), tempat wisata alam, objek pendidikan dan penelitian. Namun akibat kerakusan manusia fungsi ekonomi disalah gunakan oleh masyarakat. Menurut Niapele & Hasan, (2017) pemanfaatan hutan mangrove untuk kebutuhan manusia perlu dimanfaatkan dengan bijaksana dapat karena memberikan kesejahteraan serta meningkatkan kesadaran untuk memperhatikan aspek kelestariannya, sehingga nilai manfaat yang di peroleh relatif stabil, lestari dan berkelanjutan hingga anak cucu.

2.1.7 Suplemen Bahan Ajar

Suplemen bahan ajar suatu alat tambahan yang masih menjadi favorit banyak bagi peserta didik dan guru. Bahan ajar adalah segala bentuk alat yang berguna dalam membantu guru melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas (Nurdyansyah & Mutala'iah, 2015). Bahan ajar merupakan suatu elemen yang penting ketika melakukan proses belajar mengajar demi ketercapaian tujuan pembelajaran, maka sengaja disusun secara sistematis dengan menggunakan pendekatan terhadap kurikulum yang diimplementasikan pada kompetensi dasar yang akan dikuasai oleh peserta didik. Hal ini didukung oleh pendapat Muttaqin, Siswono & Lukito, (2020) bahan ajar yang digunakan adalah suatu usaha maksimal untuk dapat mencapai kompetensi peserta didik dalam kurikulum menunjukan terjadinya kegiatan kreativitas dalam memodifikasi guna meningkatkan kualitas dengan mengembangkan bahan ajar.

Sebagaimana yang dapat dirasakan dan dilihat ada peningkatan tekanan-tekanan pada lingkungan, sangat perlu tindakan preventif sejak dini kepada generasi bangsa, dengan itu untuk mulai meningkatkan kualitas Pendidikan lingkungan adalah dengan pemberdayaan lingkungan sebagai bagian dari proses pembelajaran di sekolah. Selain itu, didukung pada kurikulum 2013 memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk belajar dari berbagai sumber sehingga ketersediaan dan optimalisasi penggunaan sumber belajar penting bagi proses belajar peserta didik untuk memiliki kemampuan berpikir analisis (Sartono *et al.*, 2017). Salah satu upaya pemanfaatan sumber referensi berdasarkan penelitian yang dituangkan dalam bentuk buku saku, merupakan buku berukuran kecil mudah untuk dibawa kemana pun, volume kecil, serta berisi informasi mengenai wawasan suatu tema (Ahmad, 2020).

2.2 Hasil Penelitian Yang Relevan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sukirno, Setyoko & Indriaty (2020) membuat hasil inventarisasi fauna dan flora yang teridentifikasi pada vegetasi hutan mangrove Kuala Langsa ditemukan 19 jenis fauna yang diantaranya jenis monyet, burung, ikan, kepiting, kerang dan lainnya. 18 jenis flora meliputi jenis bakau, nipah, pohon perdu dan lainnya. Kemudian hasil akhir dari inventarisasi fauna dan flora yang berhasil diidentifikasi pada kawasan hutan mangrove Kuala Langsa di dokumentasikan dalam bentuk data dan gambar dan dijadikan sebagai sumber dalam pengembangan bahan ajar kontekstual biologi SMA yaitu suplemen buku teks biologi pada materi keanekaragaman hayati kelas X di jenjang pendidikan SMA.

Mangrove familia Rhizophoraceae masih unggul dari familia yang lain dilihat dari diperairan ekosistem hutan mangrove Kabupaten Purworejo masih di temukan kerapantan jenis *Rhizophora mucronata* 400, pancang 7.260, semai 70.000. *Rhizophora stylosa* pohon 15, pancang 860, dan semai 8500 (Rahayu dan Sunarto, 2020). Ekosistem mangrove di Rempang Cate Kota Batam familia Rhizophoraceae lebih banyak ditemukan karena hasil analisis diagram profil menjelaskan *Rhizophora apiculata* persebarannya jauh lebih baik, hal ini didukung dengan diagram frekuensi *Rhizophora apiculata* (19,23 %) lebih unggul

dibandingkan spesies lain (Efendi dan Harahap, 2014). Sampai saat ini mangrove terluas di Kota Batam terletak di Kecamatan Sagulung berdasarkan teknologi penginderaan jauh oleh Irawan & Malau, (2016) belum menjadi pusat perhatian bagi pihak yang terkait, sekarang dilihat secara langsung kondisinya sangat memprihatikan.

2.3 Kerangka konseptual

Indonesia merupakan negara dengan garis tepi laut terpanjang didunia, berjajar ekosistem perairan yang sangat melimpah, salah satu dari ekosistem terbesar yang dimiliki Indonesia adalah ekosistem hutan mangrove. Hutan mangrove merupakan kumpulan tumbuhan sejati dan tumbuhan ikutan yang terdiri dari tumbuhan monokotil dan dikotil, tumbuh dan berkembang pada formasi zona litoral dengan kondisi lingkungan khas dipengaruhi letak topografi, pasang surut, salinitas, oksigen terlarut, pH, iklim, arus gelombang, dan substrat. Ekosistem hutan mangrove memberikan manfaat seperti perlindungan dari gelombang badai, kenaikan permukaan laut, pencegahan abrasi sepanjang garis pantai, pengaturan kualitas air pantai, daur ulang nutrisi, perangkap sedimen, penyediaan habitat untuk banyak spesies laut yang penting secara komersial dan terancam punah, dan ketahanan pangan bagi banyak komunitas pesisir di seluruh dunia, terutama bagi nelayan

Mangrove Rhizophoraceae merupakan familia terbesar di ekosistem hutan zona litoral, zona litoral merupakan perbatasan antara darat dengan laut yang dipengaruhi oleh pola pasang surut. Kenaekaragaman jenis mangrove terbanyak di Indonesia memiliki empat genus seperti *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia* dan *Rhizophora*. Umumnya familia ini dapat hidup di zona yang substratnya berlumpur, tanah liat, berpasir dan memiliki akar tunjang (*Rhizophora*) yang kokoh dan memiliki bintil-bintil berwarna hitam merupakan lentisel yang membantu pertukaran udara, selain akar tunjang tipe lainnya akar banir (*Ceriops* dan *Kandelia*) dan akar lutut (*Bruguiera*) akar ini berfungsi mempertahankan tegaknya pohon dari gelombang air pada saat dipengaruhi pasang surut air laut, dan angin laut.

Kecamatan Sagulung merupakan salah satu wilayah pemilik kawasan hutan mangrove terluas, terletak pada posisi sebelah barat dari pulau Batam, permukaan

tanah umumnya datar dengan berbagai variasi perbukitan yang rendah dengan ketinggian maksimum 110 m. Ekosistem hutan mangrove merupakan sumber daya alam satu-satunya yang dimiliki penduduk pesisir, namun semakin menipis digeser ahli fungsi lahan khususnya kawasan Kecamatan Sagulung, semula mencapai 24% dari luas keseluruhan Pulau Batam hingga sekarang hanya tersisa sekitar 4.2% akibat menjadi sasaran kegiatan reklamasi untuk memenuhi pemukiman dan pembangunan bersifat komersil. Berdasarkan tinjauan langsung tidak jauh dari kegiatan aktivitas reklamasi terdapat beberapa zona yang tersisa kondisinya sangat memprihatinkan bertepatan menghadap laut, berdampingan dengan siklus muara sungai dan komposisi pohon mangrove didominasi oleh familia Rhizophoraceae, familia Rhizophoraceae merupakan famili yang mendominasi di zona tengah hingga zona terbuka karena memiliki kemampuan adaptasi yang baik, untuk menghadapi tekanan alami seperti salinitas, pasang surut, badai laut, ombak atau arus, dan tekanan fisik dari aktivitas manusia seperti memotong, membongkar, membakar, dan memasukan muatan pencemaran kimia.

Berdasarkan uraian diatas solusi yang akan dilakukan adalah melakukan studi lebih dini tentang keanekaragaman familia Rhizophoraceae di Kawasan Hutan Mangrove Kecamatan Sagulung Kota Batam kemudian, melakukan dokumentasi tertulis mengenai keanekaragaman familia Rhizophoraceae melalui analisis indeks ekologi untuk mengetahui komposisi, kerapatan, frekuensi, penutupan, analisis keanekaragaman jenis, indeks nilai penting dan mendeskripsikan morfologi familia Rhizophoraceae yang ada di Kecamatan Sagulung Kota Batam. Hasil dari penelitian ini akan di dokumentasi dalam bentuk buku saku untuk bidang pendidikan sebagai suplemen bahan ajar biologi.

2.4 Pertanyaan Penelitian

- 1) Bagaimanakah deskripsi morfologi keanekaragaman familia Rhizophoraceae di Kecamatan Sagulung Kota Batam?
- 2) Bagaimanakah deskripsi dari analisis indeks ekologi meliputi komposisi, kerapatan jenis, kerapatan relatif, frekuensi jenis, frekuensi relatif, penutupan jenis, penutupan relatif, indeks keanekaragaman jenis, dan indeks nilai penting

dari mangrove familia Rhizophoraceae yang terdapat di Kawasan Hutan Mangrove Kecamatan Sagulung Kota Batam?

- 3) Bagaimanakah deskripsi morfologi keanekaragaman familia Rhizophoraceae di Kecamatan Sagulung Kota Batam dapat dijadikan suplemen bahan ajar biologi?