

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mangrove

2.1.1. Pengertian Mangrove

Asal kata “mangrove” merupakan perpaduan antara bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove* (Macnae, 1968). Sementara itu, ditambahkan bahwa kata mangrove berasal dari bahasa Melayu kuno *mangi-mangi* yang digunakan untuk menerangkan marga *Avicennia* (Mastaller, 1997). Beberapa ahli mendefinisikan istilah “mangrove” secara berbeda-beda, namun pada dasarnya merujuk pada hal yang sama.

Tomlinson (1986) dan Wightman (1989) mendefinisikan mangrove baik sebagai tumbuhan yang terdapat di daerah pasang surut maupun sebagai komunitas. Mangrove juga didefinisikan sebagai formasi tumbuhan yang khas yang tumbuh di dataran rendah daerah pantai tropis dan sub tropis yang terlindung (Saenger, *et al.*, 1983) karena wilayah yang terjal dan berombak besar yang berarus pasang surut kuat tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat (media) bagi pertumbuhannya (Ghufran, 2012). Mangrove juga mempunyai kemampuan untuk tumbuh dengan baik di perairan asin (Nybakken, 1992, dan Choong, 1994) dengan kadar garam atau salinitas antara 0,5‰ dan 30‰ (Indriyanto, 2006). Sementara itu Soerianegara (1987) mendefinisikan ekosistem mangrove sebagai hutan payau (*tidal forest*) yaitu hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut.

Ekosistem lahan basah garis pantai terutama mangrove, banyak spesies tanaman yang secara eksklusif terbatas pada ekosistem bakau yang disebut 'mangrove sejati'; spesies lain yang terutama terdistribusi dalam karakteristik tanaman darat tetapi juga terjadi di ekosistem mangrove disebut 'mangrove asosiasi' (Tomlinson, 1986; Parani *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2003). Karena karakteristik fisiologi dan ekologi yang unik, mangrove asosiasi memiliki peran yang penting terhadap ekosistem lahan basah di pesisir, seperti menstabilkan fluktuasi salinitas dan kondisi *anoxogenic* dan menjaga keseimbangan ekologi pantai (Hogarth, 1999).

Menurut Panjaitan (2002), menjadi tiga komponen yaitu: Komponen mayor, yaitu spesies yang mengembangkan karakteristik morfologi yang berupa akar udara dan mekanisme fisiologi yang berupa kelenjar garam untuk beradaptasi dengan lingkungannya. Komponen minor (tumbuhan pantai), yaitu spesies yang tidak menonjol, dapat tumbuh di sekeliling habitat. Komponen asosiasi, yaitu jenis yang tidak tumbuh pada komunitas mangrove yang sesungguhnya dan dapat tumbuh pada tanah daratan (terrestrial).

Adapun karakteristik hutan mangrove (Bengen, 2001) sebagai berikut:

1. Umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung dan berpasir.
2. Selalu hidup pada daerah tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove.

3. Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat. Umumnya dekat dengan aliran sungai.
4. Terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat. Air bersalinitas (2-22/ppt) hingga asin mencapai 38 ppt.

Berdasarkan karakteristik hutan mangrove, habitat ekosistem mangrove memiliki lingkungan yang sangat kompleks sehingga diperlukan beberapa adaptasi baik morfologi, fisiologi, maupun reproduksi terhadap kondisi tersebut. Beberapa adaptasi yang dilakukan terutama untuk beberapa aspek sebagai berikut:

1. Bertahan dengan konsentrasi garam tinggi

Organisme yang hidup di ekosistem mangrove terutama pohon mangrove memiliki kelebihan untuk dapat bertahan pada kondisi dengan salinitas yang tinggi. Ada tiga mekanisme yang dilakukan oleh pohon mangrove untuk bertahan terhadap kelebihan garam dari lingkungannya (Macnae, 1968; Wells, 1982), yaitu :

- a. Mensekresi Garam (*salt-secretors*).

Spesies mangrove ini menyerap air dengan kadar salinitas tinggi kemudian mengeluarkan atau mensekresikan garam tersebut keluar dari pohon, biasanya melalui daun. Hal tersebut memungkinkan terjadi karena spesies mangrove ini memiliki *salt glands* yang memungkinkan untuk mensekresi cairan Na^+ dan Cl^- . Beberapa mangrove yang dapat mensekresikan garam adalah : *Aegiceras*, *Aegialitis*, *Avicennia*, *Sonneratia*, *Acanthus*, dan *Laguncularia*.

b. Tidak dapat mensekresi garam (*salt-excluders*).

Pada akar spesies mangrove ini menyerap air, namun tidak mengikutsertakan garam dalam penyerapan tersebut. Mekanisme tersebut dapat terjadi karena spesies mangrove ini memiliki *ultra filter* di akarnya sehingga air dapat diserap dan garam dapat dicegah masuk ke dalam jaringan. Beberapa mangrove yang dapat melakukan mekanisme ini adalah: *Rhizophora*, *Ceriops*, *Sonneratia*, *Avicennia*, *Osbornia*, *Bruguiera*, *Excoecaria*, *Aegiceras*, *Aegialitis*, *Acrostichum*, *Lumnitzera*, *Hibiscus*, *Eugenia*.

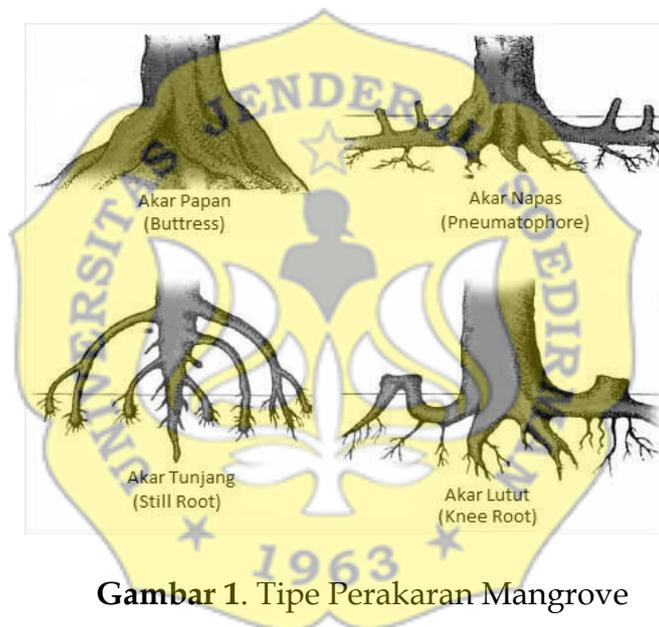
c. Mengakumulasi garam (*accumulators*)

Beberapa spesies mangrove memiliki mekanisme untuk mengakumulasi garam di dalam jaringannya. Jaringan yang dapat mengakumulasi cairan garam terdapat pada akar, kulit pohon, dan daun. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa daun yang jatuh dari pohon merupakan suatu mekanisme untuk mengeluarkan kelebihan garam dari pohon yang dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan buah. Beberapa mangrove yang memiliki mekanisme dapat mengakumulasi garam adalah : *Xylocarpus*, *Excoecaria*, *Osbornia*, *Ceriops*, *Bruguiera*.

2. Spesialisasi Akar

Akar mangrove mampu beradaptasi terhadap kondisi dengan salinitas tinggi dan tumbuh dengan baik kedalam substrat (Jena *et al.*, 2004).. Adaptasi tersebut dirinci sebagai berikut :

- a. Kadar garam tinggi (*halofit*), akarnya dapat menyaring NaCl yang terdapat dalam Air.
- b. Kadar oksigen rendah, memiliki sistem perakaran yang khas : akar nafas (*pneumatofora*) untuk mengambil oksigen dari udara (*Avicennia sp.*, *Xylocarpus sp.*, *Sonneratia sp.*); penyangga yang memiliki lentisel (*Rhizophora sp.*); akar lutut untuk mengambil oksigen dari udara (*Bruguiera sp.* dan *Ceriops sp.*). Tipe perakaran mangrove dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tipe Perakaran Mangrove

- c. Tanah Kurang Stabil dan pasang surut, struktur akar ekstensif dan jaringan horizontal yang lebar untuk memperkokoh pohon, mengambil unsur hara, menahan sedimen.
3. Reproduksi

Secara umum pembungaan pada spesies mangrove dimulai pada umur 3-4 tahun. Pembungaan terjadi dipengaruhi oleh alam dan bukan ukuran. Proses penyerbukan (polinasi) terjadi atas bantuan angin, serangga dan burung. Hasil polinasi yang berupa buah atau propagul hanya sekitar 0-

7,2% dari bunga yang dihasilkan. Sebagian besar mangrove memproduksi propagul dengan bentuk silinder atau bulat dan penyebarannya melalui air. Menurut Kitamura (1997) berdasarkan perkembangannya ada 3 jenis propagul mangrove yaitu :

a. Propagul *Vivipari*

Propagul *vivipari* adalah propagul yang telah berkecambah sebelum jatuh dari pohon. Umumnya propagul jenis ini terdapat pada famili *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Cerriops*, dan *Kandelia*) dan berbentuk silinder (seperti tongkat). Propagul *Rhizophoraceae* telah berkecambah di dalam buah dan menonjol keluar serta mengembang dari buahnya ketika buahnya itu masih berada di atas induk pohon. Propagul ini mempunyai diameter 1,3 - 2,0 cm dan panjangnya 20 - 40 cm.

b. Propagul *Kryptovivipari*

Propagul *kryptovivipari* adalah propagul yang berkecambah tetapi masih terbungkus *pericarp* (kulit buah) sebelum jatuh dari pohon. Terdapat pada *Avicennia*, *Aegiceras*, dan *Nypa*.

c. Propagul normal

Ditemukan pada *Sonneratia* dan *Xylocarpus*, buahnya berbentuk bulat seperti bola dengan propagul normal berupa biji.

Penyebaran propagul umumnya akibat arus, pasang surut dan burung.

Mangrove mendominasi sebagian besar kawasan pesisir tropis maupun subtropis di dunia, membentuk 15 juta ha hutan di seluruh dunia dan menyumbang 0,7% dari kawasan hutan tropis (Giri *et al.*, 2011) yang menjadi

habitat dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi (FAO, 2004). Mereka mewakili sumber daya hayati yang kaya dan beragam (Duke, 1992). Ekosistem hutan mangrove memainkan peran penting dalam kawasan pesisir, tidak hanya dalam siklus biogeokimia tetapi juga dalam kehidupan ekonomi daerah dengan mendukung kegiatan seperti budidaya dan perikanan. Meskipun dengan adanya manfaat ekologi dan ekonomi, hutan mangrove sedang mengalami kehancuran di seluruh dunia pada tingkat yang mengkhawatirkan (Farnsworth dan Ellison, 1997; Stellan *et al.*, 2003).

Deforestasi terjadi lebih dari setengah habitat luasan mangrove asli dunia (Kelleher *et al.*, 1995; Spalding *et al.*, 1997) terjadi kehilangan luasan sekitar 70% dalam 20 tahun terakhir (Valiela *et al.*, 2001). Kerusakan yang terjadi akibat dari gangguan manusia seperti pengambilan kayu yang berlebihan dan penggunaan kayu bakar (Hussein, 1995), pembukaan lahan untuk budidaya dan pertanian (Terchunian *et al.*, 1986; Primavera, 1997), pembuangan limbah dan polusi, pembuatan bendungan sungai yang menyebabkan berubahnya tingkat salinitas di kawasan perairan mangrove (Wolanski, 1992), dll. Namun, saat ini telah disadari bahwa konversi lahan basah mangrove menjadi tambak budidaya merupakan pemanfaatan yang tidak berkelanjutan jangka panjang (Primavera *et al.*, 2007; Rivera-Monroy *et al.*, 1999) karena dampak lingkungan (misalnya, eutrofikasi) dan gangguan ekonomi yang kuat (Barbier dan Cox, 2002, 2004; Koch *et al.*, 2009).

2.1.2. Kerapatan Mangrove

Kerapatan (*density*) merupakan jumlah individu per satuan luas atau volume yang umumnya dihitung dengan satuan hektar dalam n/Ha ($n =$

jumlah individu suatu spesies) (Sidiyasa, 2009). Kerapatan jenis mangrove merupakan parameter untuk menduga kelimpahan atau kepadatan jenis mangrove secara kualitatif serta mengalami perubahan terhadap perbedaan tempat dan waktu (Desmukh, 1992) dengan menggunakan jumlah individu setiap jenis dalam kuadrat pada suatu komunitas (Bengen, 2001). Kerapatan jenis pada suatu area dapat memberikan gambaran ketersediaan dan potensi tumbuhan mangrove (Wantasen, 2013) serta potensi penguasaan sumber hara oleh jenis vegetasi mangrove (Hilmi *et al.*, 2015). Tinggi rendahnya potensi biomassa suatu ekosistem mangrove juga dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah, susunan tekstur tanah, dan kerapatan pohon yang ada di kawasan tersebut (Dharmawan *et al.*, 2008 dalam Rachmawati *et al.*, 2014; Bengen, 2004).

Menurut Desmukh (1992), kerapatan sering kali berkaitan dengan ukuran organisme pada suatu habitat. Ukuran penyusunan yang lebih besar akan mempunyai kerapatan yang lebih rendah. Hal itu nantinya akan mempengaruhi tingkatan pertumbuhannya. Tingkatan-tingkatan pertumbuhan pada mangrove dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu tingkat pohon apabila diameter batang > 10 cm, tingkat anakan berkisar antara 2,5 - 10 cm dan tingkat semai (*seedling*) bila diameter batang < 2,5 cm (Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, 1997).

Ekosistem mangrove di Segara Anakan Timur memiliki kerapatan vegetasi mangrove yang tergolong sedang, namun secara keseluruhan diameter vegetasi di ekosistem mangrove ini termasuk dalam kategori kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Segara Anakan Timur memiliki

potensi regenerasi vegetasi yang cukup baik (Hilmi *et al.*, 2015). Sampah, limbah rumah tangga, limbah pertanian, polusi minyak dan logam berat, penggundulan hutan dan konversi ekosistem mangrove merupakan faktor pemicu kerapatan mangrove (Hilmi *et al.*, 2017).

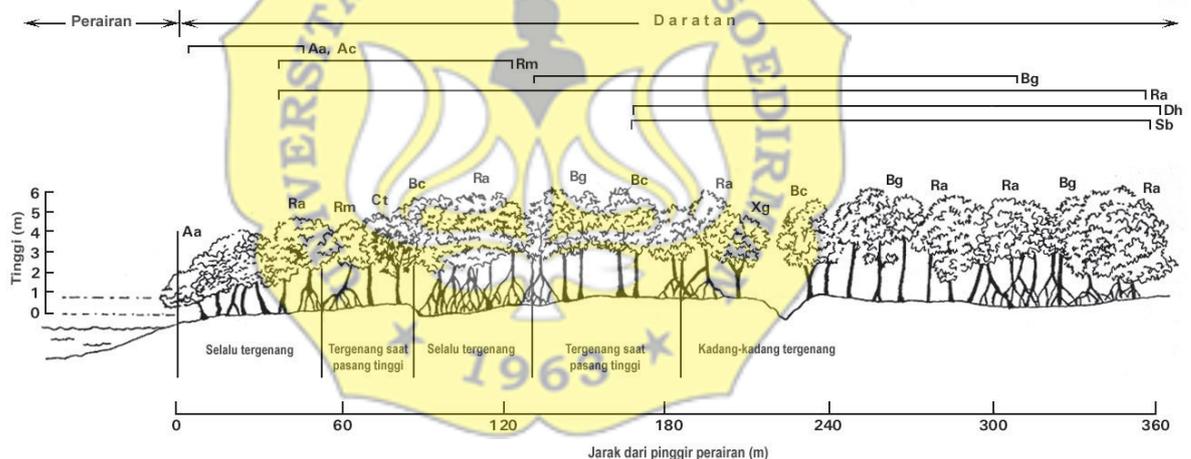
Tingkat kerapatan hutan mangrove di suatu daerah akan menunjukkan kondisi kualitas hutan mangrove setempat. Tingkat kerapatan mangrove yang tergolong lebat menunjukkan bahwa kualitas hutan mangrove tersebut tergolong baik. Kerapatan jenis dalam suatu komunitas dinilai rendah jika pemerataannya tidak merata (Odum, 1971). Semakin landai suatu pantai maka akan semakin luas pola penyebaran mangrove (Chapman, 1975). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan Mangrove, menjelaskan bahwa kriteria baku kerusakan mangrove untuk menentukan status kondisi mangrove diklasifikasikan dalam tiga tingkatan yaitu :

1. Sangat baik (sangat padat) dengan penutupan $\geq 75\%$ dan kerapatan ≥ 1.500 pohon/ha;
2. Rusak ringan (baik) dengan penutupan antara $\geq 50\%$ - $<75\%$ dan kerapatan ≥ 1.000 pohon/ha - <1.500 pohon/ha;
3. Rusak berat (jarang) dengan penutupan $< 50\%$ dan kerapatan < 1.000 pohon/ha.

2.1.3. Zonasi Mangrove

Spesies mangrove yang terdapat di suatu lokasi dapat berbentuk *monospecies* (tunggal) atau spesies campuran yang paralel terhadap garis pantai (Santos *et al.*, 1997). Vegetasi mangrove secara khas memperlihatkan adanya

pola zonasi yang muncul berdasarkan dinamika populasi, ekofisiologi dan geomorfologi (Yuvaraj *et al.*, 2017). Perbedaan zonasi mangrove secara spesifik dikarenakan genangan pasang surut, kemampuan toleran garam, sifat fisio-kimia tanah (Macnae, 1966; Chapman, 1976, 1977; Walter & Steiner, 1936; Bunt & Williams, 1981), dan faktor lingkungan lainnya seperti; keadaan alami lahan, dan keterbukaan terhadap hempasan gelombang (Chapman, 1977; dan Dahuri, 2003) ditambahkan bahwa beberapa diferensiasi geografis dapat disebabkan oleh hambatan lahan (Dodd dan Rafii, 2002) atau hambatan lahan masa lalu (Duke *et al.*, 2002) karena adanya tinggi permukaan laut yang berubah. Gambaran sistem zonasi mangrove dapat dilihat pada **Gambar 2**:



Gambar 2. Salah Satu Contoh zonasi mangrove di Cilacap, Jawa Tengah (diadaptasi dari White *et al.*, 1989).

Variasi faktor fisiko-kimia di berbagai zona tersebut menentukan pembentukan bibit yang efeknya berupa kemunculan berbagai spesies yang berbeda (Yuvaraj *et al.*, 2017). Hal ini akan berdampak pada pembagian zonasi hutan mangrove, dimana semakin banyak jumlah spesies mangrove maka semakin rumit pula bentuk kompetisinya yang selanjutnya dipengaruhi oleh

faktor lokasi (Hilmi *et al.*, 2015). Meskipun tidak ada cara universal dalam menuntukan zonasi hutan bakau di suatu kawasan, tetapi skema umum hutan bakau untuk penggunaan secara luas pada daerah Indonesia berdasarkan frekuensi air pasang, mangrove umumnya tumbuh dalam 4 zona, yaitu; daerah terbuka, daerah tengah, daerah yang memiliki sungai berair payau sampai hampir tawar, serta daerah ke arah daratan yang memiliki air tawar (Watson *dalam* Ghufran, 2012 dan Bengen, 1999).

1. Mangrove terbuka

Mangrove daerah terbuka, zona yang berhadapan dengan laut (Samingan, 1980) didominasi oleh jenis *Sonneratia alba* dan *Avicennia alba* yang tumbuh pada areal yang sangat dipengaruhi oleh air laut (Van Steenis, 1958) dan sangat berada pada areal yang sangat tergenang (Komiyama *et al.*, 1988). Komposisi floristik dari komunitas di zona ini sangat bergantung pada tipe dan kandungan bahan organik substratnya (Watson, 1928).

2. Mangrove tengah

Mangrove di zona ini terletak dibelakang mangrove zona terbuka. Zona ini biasanya di dominasi oleh jenis *Rhizophora sp.*, *Xylocarpus sp* dan *Bruguiera* (Samingan 1980 *dalam* M Khazali 2006, dan Bengen, 1999). Hutan ini tumbuh pada tanah liat yang cukup keras dan dicapai oleh beberapa air pasang saja (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1993 *dalam* M Khazali 2006).

3. Mangrove payau

Mangrove berada di sepanjang sungai berair payau hingga hampir tawar. Jenis-jenis yang umum ditemukan pada zona ini umum didominasi oleh

Bruguiera sp. (Watson, 1928 dalam Kusmana, 1995) dan banyak dijumpai pada kondisi yang agak basah dan lumpur yang agak dalam. kadangkadangkang dijumpai tanpa jenis pohon lainnya; hutan mangrove di belakang terkadang ditemukan berasosiasi dengan *N. fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, dan *Xylocarpus moluccensis* (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1993).

4. Mangrove daratan

Mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Di zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* sp. atau pandan laut (*Pandanus* sp). Komunitas *N. fruticans* terdapat pada jalur yang sempit di sepanjang sebagian besar sungai. Di jalur-jalur tersebut sering sekali ditemukan tegakan *N.fruticans* yang bersambung dengan vegetasi yang terdiri dari *Cerbera* sp, dan *Xylocarpus granatum* (Giesen, 1991 dalam M Khazali 2006).

2.1.4. Fungsi Mangrove

Sudah lebih dari seabad hutan mangrove diketahui memberi manfaat pada masyarakat, baik secara langsung maupun tidak langsung (Zaitunah, 2002) terutama daru segi fungsi ekonomi dan ekologi (Ronnback, 1999; Mumby *et al.*, 2004). Secara langsung yaitu sebagai sumber penghasil kayu bakar dan arang, bahan pembuat obatan, dan sebagainya. Secara tidak langsung hutan mangrove mempunyai fungsi fisik yaitu menjaga keseimbangan ekosistem perairan pantai, mencegah intrusi air laut, melindungi pantai dan tebing sungai dari gelombang pasang, erosi, angin topan, dan tsunami (Mitch and Gosselink, 1993). Fungsi lain adalah sebagai penghasil bahan organik yang berasal dari

serasah yang telah layu dan membusuk (Lovelock, 1993), sebagai tempat tinggal banyak biota (habitat), tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*), tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi aneka biota perairan (Schaduw *et al.*, 2011). Menurut Arief (2003), mangrove mempunyai beberapa hubungan dalam pemenuhan kebutuhan manusia sebagai penyedia bahan papan, pangan, dan lingkungan kesehatan yang dibedakan menjadi lima, yaitu fungsi fisik, fungsi kimia, fungsi biologi, fungsi ekonomi, dan fungsi lain-lain (wanawisata) sebagai berikut:

1. Fungsi Fisik

Fungsi fisik kawasan mangrove yaitu sebagai penjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing dari proses abrasi, mengurangi atau menyerap tiupan angin kencang, meredam dan menahan hempasan badai tsunami, menahan sedimen secara periodik sampai terbentuk lahan baru sehingga kualitas air laut terjaga dari endapan lumpur erosi (Davis *et al.*, 1995; dan Munawar *et al.*, 2009), sebagai kawasan penyangga proses intrusi atau rembesan air laut ke darat (Saparinto, 2007)

Kawasan mangrove diketahui menyediakan lebih dari 21 manfaat secara ekologi termasuk perlingungan pesisir dan daratan dari ancaman bencana alam seperti angin topan dan tsunami (Sandilyan and Kathiresan, 2012), yang telah dibuktikan secara akurat tingkat keberhasilannya dibandingkan wilayah tanpa kawasan mangrove melalui beberapa penelitian (Das and Vincent, 2009; Sandilyan and Kathiresan, 2012. 2015; McIvor *et al.*, 2012; Barbier, 2007; Granek and Ruttenberg, 2007). Lebih lanjut ditambahkan tingkat perlindungan yang diberikan tergantung oleh beberapa faktor

karakteristik vegetasi seperti: tinggi pohon, komposisi jenis, kerapatan dan kompleksitas struktur telah membuktikan bahwa mangrove dengan kerapatan 30ind/100m² dapat mengurangi hempasan maksimum gelombang tinggi 4- 5 meter lebih dari 90% (Hiraishi and Harada, 2003, serta diameter akar dan batang (McIvor *et al.*, 2012).

2. Fungsi Kimia

Adapun fungsi kimia yaitu sebagai tempat berlangsungnya proses siklus ulang (*recycle*) karbon, nitrogen dan sulfur, serta perairan mangrove kaya akan nutrisi baik nutrisi organik maupun anorganik sehingga menghasilkan oksigen dan penyerapan karbondioksida yang biasa disebut fotosintesis, dan sebagai pengolah bahan-bahan limbah hasil pencemaran industri dan kapal-kapal di lautan.

Beberapa penelitian menjelaskan mangrove menjadi salah satu penyerap karbon terbaik di alam (Donato *et al.*, 2011) dengan ditemukan lebih dari 90% dari total ketersediaan karbon organik di tanah (Alongi *et al.*, 2003; Khan *et al.*, 2007). Konservasi karbon ditujukan untuk meningkatkan penyerapan (Cathcart, 2000), dan pengurangan emisi karbon dari industri, transportasi, dan bidang energy (Adi, *et al.*, 2013; Barni *et al.*, 2016) yang diketahui dapat memberikan dampak terhadap pertumbuhan dan distribusi mangrove (Mandala *et al.*, 2012; Amaral *et al.*, 2009), seperti penurunan ukuran diameter dan tinggi pohon (Krauss *et al.*, 2008; Giesen *et al.*, 2006). Alasan lain adalah diameter pada mangrove dapat menggambarkan potensi dari batang, kanopi, dahan, dan akar (White and Plaskett, 1981) yang berkorelasi positif terhadap selulosa, hemiselulosa, dan

lignin (Ahmadi, 1990; Tsoumis, 1991). Cadangan karbon di alam ditemukan pada bahan bakar fosil, batuan sedimen, organisme hidup, biomassa mati, dan tanah di ekosistem pesisir (Ajani *et al.*, 2013).

3. Fungsi Biologi

Fungsi biologi hutan mangrove ialah sebagai sumber plasma nutfah bagi makhluk hidup, daerah memijah (*spawning ground*), daerah mencari makan (*feeding ground*), dan sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) bagi udang, ikan, kerang, kepiting, dan sebagainya yang setelah dewasa akan kembali ke lepas pantai (Blaber, 2000; Manson *et al.*, 2005; Hutama *et al.*, 2016). Tidak hanya hewan akuatik, ekosistem mangrove secara biologi juga berfungsi sebagai kawasan untuk berlindung, bersarang serta berkembang biak bagi burung dan satwa migrasi lainnya (Robertson and Alongi, 1992; Hogarth, 2007). Detritus yang berasal dari bakau adalah sumber makanan penting untuk jaring-jaring makanan dekomposer termasuk makroinvertebrata, seperti kepiting (Grapsidae) yang penting dalam kemampuannya untuk mengkonsumsi serasah mangrove (Fratini *et al.*, 2000; Cannicci *et al.*, 2008).

Hutan mangrove dikenal sebagai ekosistem yang sangat produktif dengan kapasitas untuk secara efisien menjebak bahan yang tersuspensi dari kolom air. Ekosistem mangrove menjadi penghasil bahan pelapukan atau dekomposit dari serasah pohon (daun, ranting, propagul) dan pertumbuhan akar di bawah permukaan memberikan masukan yang signifikan dari karbon organik ke substrat mangrove (Alongi, 1998). Serasah yang jatuh dari mangrove mewakili kurang-lebih sepertiga dari total produksi primer ekosistem mangrove (Alongi *et al.*, 2005a). Bahan organik

yang dihasilkan merupakan sumber makanan penting bagi makhluk-makhluk kecil tak bertulang belakang (invertebrata) pemakan bahan pelapukan (detritus), kemudian berperan sebagai sumber utama makanan bagi hewan yang lebih besar (Blaber, 2000; Kathiresan and Bingham, 2001; Nagelkerken *et al.*, 2008; Robertson and Blaber, 1992; Shinnaka *et al.*, 2007),

Vegetasi mangrove dicirikan oleh beberapa aspek struktural, seperti struktur kompleks dari tunjangan akar, dan naungan kanopi yang disediakan oleh atap dahan dan daun di atas permukaan air. Struktur seperti itu bergabung untuk membentuk suatu tempat berlindung yang potensial (Ellis dan Bell, 2004; Laegdsgaard dan Johnson, 2001; Nanjo *et al.*, 2011) dikarenakan kerentanan hewan tersebut terhadap predator (Sogard, 1997). Hal tersebut sangat penting terutama bagi ikan berukuran kecil seperti *juvenile*, yang sering kali memilih struktur habitat yang kompleks dalam rangka mengurangi tingkat resiko predasi (Gotceitas *et al.*, 1997; Lindholm *et al.*, 1999; Nakamura *et al.*, 2012).

4. Fungsi Ekonomi

Hutan mangrove apabila dimanfaatkan secara baik dapat memiliki nilai ekonomi yang tinggi, meliputi: hasil hutan langsung (bahan bangunan, bahan bakar, arang); hasil hutan non-kayu (Buah, gula nira, sirup pedada); Bahan pangan (ikan, krustase, moluska); dan kawasan wisata (Objek wisata alam, pemancingan, penyewaan perahu) (Ghufran, 2012; Davis *et al.*, 1995; Munawar *et al.*, 2009). Ekosistem hutan bakau memberikan kontribusi secara nyata bagi peningkatan pendapatan masyarakat, devisa untuk daerah (desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten/kota, provinsi), dan Negara

(Valiela *et al.*, 2001; Bosire *et al.*, 2005; Saenger *et al.*, dalam Ghufrani:2012)..

Produk yang didapat dari ekosistem mangrove berupa kayu bakar, bahan bangunan, arang, pupuk, bahan baku kertas, bahan makanan, minuman, peralatan rumah tangga, lilin, obat-obatan dan lain-lainnya (Aksornkoae, 1993 dan FAO, 1994).

2.1.5. Kestabilan Ekosistem Mangrove

Mangrove berasosiasi dengan lingkungan pesisir tropis dan ditumbuhi vegetasi khas dan tidak dapat tergantikan oleh vegetasi lain yang menyesuaikan diri dengan kondisi habitat yang sangat kompleks. Banyak faktor yang sangat mempengaruhi produktivitas dan pertumbuhan mangrove seperti letak garis lintang geografis, gelombang, curah hujan, masuknya air tawar, laju erosi/ sedimentasi, kegersangan, salinitas, sumber nutrisi dan kualitas tanah (Cintron dan Novelli, 1984). Faktor lingkungan yang kompleks memaksa mangrove untuk dapat melakukan adaptasi dengan membentuk pola adaptasi tertentu mulai dari adaptasi pengakaran, batang, daun, serta bunga dan buah sehingga menunjukkan kekhasan vegetasi mangrove baik dalam penampakan maupun dalam pengelompokan termasuk distribusi jenisnya di alam (Chen dan Twilley, 1989; Lugo, 1980; dan Ukpong, 1991). Beberapa bentuk adaptasi yang khas dilakukan oleh mangrove untuk dapat hidup adalah membentuk struktur komunitas, memiliki pola asosiasi dan zonasi tertentu terhadap jenis vegetasinya (Hilmi *et al.*, 2015).

Asosiasi adalah suatu model hubungan antar komunitas yang khas, ditemukan dengan kondisi yang sama dan berulang di beberapa lokasi. Asosiasi dicirikan dengan adanya komposisi floristik yang mirip, memiliki

fisiognomi yang seragam dan sebarannya memiliki habitat yang khas (Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974; Barbour *et al.*, 1999 dan Kurniawan *et al.*, 2008). Ekosistem mangrove berisi bermacam komponen yang bersiklus guna menunjang kestabilan interaksi antar komponen di dalamnya. Hubungan interaksi ini terus terpelihara dengan baik dan meningkat dengan bertambahnya jumlah masing-masing komponen yang bersiklus tadi, karena kunci kesuburan perairan kawasan mangrove terletak pada stabilitas setiap komponen ekosistemnya (Nybakken, 1993). Asosiasi terbagi menjadi dua yaitu asosiasi positif dan asosiasi negatif. Positif jika keberadaan vegetasi mangrove sama-sama diharapkan oleh keduanya, sedangkan asosiasi negative memiliki arti bahwa keberadaan vegetasi tersebut tidak diharapkan oleh vegetasi yang lain (Hilmi *et al.*, 2015).

Pembagian zonasi setiap jenis vegetasi hutan mangrove dapat disebabkan oleh adanya hasil kompetisi diantara spesies mangrove, dimana semakin banyak jumlah spesies mangrove maka semakin rumit pula bentuk kompetisinya, yang selanjutnya dipengaruhi oleh faktor lokasi (Kusmana, 2000; dan Hutchings *and* Saenger, 1987)..Perkembangan mangrove dalam komunitas zonasi, seringkali diinterpretasikan sebagai tingkat perbedaan dalam suksesi yang sejalan dengan perubahan tempat tumbuh (Hutchings dan Saenger, 1987 dan Kusmana, 2000).. Daya adaptasi tiap jenis akan menentukan komposisi jenis tiap zonasi (Bengen dan Dutton, 2004 *dalam* Northcote dan Hartman 2004). Zonasi hutan mangrove ditentukan oleh keadaan tanah, salinitas, penggenangan, pasang surut, laju pengendapan, dan pengikisan serta

ketinggian nisbi darat dan air (Bengen dan Dutton, 2004), lebih lanjut ditambahkan bahwa tipe substrat akan mempengaruhi zonasi dari spesies mangrove (Saha dan Choundhuty, 1995; Walter 1971 *dalam* Gunarto, 2004).

Sedangkan zonasi mangrove juga dapat terbentuk oleh adanya kisaran ekologi yang tersendiri dan niche (relung) yang khusus dari masing-masing jenis (Hutchings and Saenger, 1987 dan Johnstone, 1983). Ekosistem mangrove bersifat kompleks dan dinamis tetapi labil. Kompleks, karena di dalam ekosistem mangrove dan perairan maupun tanah di bawahnya merupakan habitat berbagai jenis satwa daratan dan biota perairan. Dinamis, karena ekosistem mangrove dapat terus tumbuh dan berkembang serta mengalami suksesi serta perubahan zonasi sesuai dengan tempat tumbuh. Labil, karena mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali (Kusmana, 1995).

2.2. Mangrove Segara Anakan, Cilacap

Kawasan mangrove Segara Anakan terletak pada garis lintang $108^{\circ} 48'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 42'$ Lintang Selatan (Djohan, 2010). Tepatnya terletak di Pantai Selatan Pulau Jawa dan secara administratif masuk dalam wilayah Kecamatan Kampung Laut Kabupaten Cilacap (Listyaningsih *et al.*, 2013). Luasan mangrove Segara Anakan pada tahun 2016 sebesar 1.7887 ha dengan laju degradasi mangrove diperkirakan mencapai 192,6 ha / tahun (Ardli and Widyastuti, 2001; Sastranegara *et al.*, 2007; Ardli and Wolff, 2008) didominasi oleh jenis *Avicennia marina* and *Avicennia officinalis* (zone 1) *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, and *Ceriops tagal* (zone 2), and *Nypa fruticans*, *Acanthus ilicifolius*, and *Sonneratia caseolaris* (zone 3) (Hilmi *et al.*, 2015).. Penurunan luasan ini dinilai sangat tinggi apabila dibandingkan luasan

Laguna Segara Anakan pada masa lalu yang mencapai 21.500 ha (Sasaki dan Sunarto, 1994).

Penurunan luasan dan perubahan tingkat kerapatan itu dapat terlihat dari diameter pohon mangrove di Segara Anakan yang menggambarkan adanya indikasi degradasi ekosistem yang terjadi (Hilmi *et al.*, 2014). Hal tersebut disebabkan oleh sedimentasi (Sari *et al.*, 2016), eksploitasi mangrove, pencemaran lingkungan (Hilmi *et al.*, 2014), dan konversi alih fungsi lahan mangrove menjadi fungsi lahan yang lain (Hilmi *et al.*, 2013; Parwati, 2001 dalam Purwanto *et al.*, 2014). Alih fungsi lahan yang terjadi berubah seperti menjadi pemukiman, industri, persawahan, dan tambak ikan. Sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan regeneratif kehidupan mangrove (Luqman *et al.*, 2013).

Segara Anakan Bagian Timur mendapat pasokan air laut dari Samudera Hindia yang masuk melalui Pelawangan Timur, sedangkan pasokan air tawar didapat dari tiga sungai utama yaitu Sungai Donan, Sapuregel, dan Kembangkuning (Yuwono *et al.*, 2007). Banyaknya masukan air dari sungai tentunya memberi dampak yang luas pada perairan dan biota yang ada di dalamnya karena di samping membawa sedimentasi yang tinggi, maka aliran tersebut juga menyebabkan fluktuasi salinitas yang tinggi (Suryono, 2015). Berdasarkan kondisi pasang surut dan kadar garamnya yang masih mencirikan sifat-sifat laut, tetapi gelombang dan arusnya terendam. Hal ini menjadikan perairan di Segara Anakan disebut sebagai *lagoon* atau laguna (Purwanto *et al.*, 2014). Adanya pasut serta masukan air tawar, menyebabkan daerah ekosistem

mangrove memiliki parameter fisika dan kimia yang berfluktuasi secara periodik sehingga terjadi perbedaan kualitas air di kawasan mangrove (Suryawan, 2007).

Penurunan yang terjadi terus-menerus di ekosistem mangrove Segara Anakan dapat menyebabkan perubahan kondisi ekosistem. Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan populasi dan distribusi mangrove adalah tingginya tingkat sedimentasi karena akan mengubah pola sebaran dari benih maupun tingkat rekolonisasi (Kitamura *et al.*, 1997 dalam Suryono, 2015), lebih lanjut ditambahkan pola pasang surut yang berkaitan dengan lama periode pasang memberi pengaruh terhadap jenis satwa, struktur tegakan, dan komponen ekosistem di setiap zonasi yang ditemukan pada ekosistem mangrove (Triswanto, 2000). Ekosistem hutan bakau telah mengalami sedimentasi yang sangat tinggi sejak tahun 1980. Setiap tahunnya menerima 4,5 juta ton sedimen dari daerah tangkapan air Sungai Citanduy, dan mengakibatkan terbentuknya pulau-pulau baru dan dangkalan di lagunanya. Keadaan ini telah mengganggu pola arus dan pasang surut (Djohan, 2012).

Hasil penelitian luasan mangrove di Segara anakan sebelumnya pernah dilakukan oleh Hartono (2017) dengan melihat perubahan luasan mangrove tahun 2000- 2015 yang memperlihatkan bahwa Penutup lahan hutan mangrove di Segara Anakan pada kurun waktu 2000 hingga 2015 mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi diantaranya hutan mangrove berubah menjadi beberapa penggunaan lahan. Hutan mangrove banyak berubah menjadi sawah, lahan terbangun, maupun tambak, ada pula mangrove yang berubah menjadi

perairan (sungai). Luas hutan mangrove yang berubah menjadi penggunaan lahan lainnya mencapai 1821 ha. Penutup lahan non mangrove yang berubah menjadi mangrove mencapai 1058 ha. Hutan mangrove pada tahun 2000 yang tetap menjadi hutan mangrove di tahun 2015 mencapai 7875 ha. Perubahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor baik faktor alam maupun manusia.

2.3. Pemetaan

Pemetaan adalah pengelompokan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan beberapa letak geografis wilayah yang meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi penduduk yang berpengaruh terhadap sosial kultural yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat (Soekidjo, 1994). Pengertian lain tentang pemetaan yaitu sebuah tahapan yang harus dilakukan dalam pembuatan peta. Langkah awal yang dilakukan dalam pembuatan data, dilanjutkan dengan pengolahan data, dan penyajian dalam bentuk peta (Juhadi dan Liesnoor, 2001).

Peta adalah gambaran permukaan bumi yang diproyeksikan pada bidang datar dengan skala tertentu. Peta dilengkapi dengan keterangan-keterangan yang menjelaskan kenampakan di permukaan bumi, baik itu kenampakan alami maupun buatan. Secara umum, peta dibagi menjadi dua, yakni peta dasar dan peta tematik (Fauzy *et al.*, 2016). Peta yang menggambarkan fenomena geografikal tidak hanya sekedar pengecilan suatu fenomena saja, tetapi juga dapat menjadi alat bantu yang baik untuk kepentingan melaporkan, memperagakan, menganalisis dan secara umum untuk memahami suatu objek atau kenampakan di muka bumi. Peta menggunakan simbol dua dimensi untuk mencerminkan fenomena geografikal

yang dilakukan secara sistematis. Peta merupakan teknik komunikasi yang tergolong dalam cara grafis dan untuk efisiensinya harus mempelajari atribut atau elemen-elemen dasarnya (Sinaga, 1995).

Secara umum terdapat dua jenis data yang dapat digunakan untuk merepresentasikan atau memodelkan fenomena-fenomena yang terdapat di dunia nyata. Yang pertama adalah jenis data yang merepresentasikan aspek-aspek keruangan dari fenomena yang bersangkutan. Jenis data ini sering disebut sebagai data-data posisi, koordinat, ruang atau spasial. Yang kedua adalah jenis data yang merepresentasikan aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkannya. Aspek deskriptif ini mencakup *items* atau *properties* dari fenomena yang bersangkutan hingga dimensi waktunya. Jenis data ini sering disebut sebagai data atribut atau data non-spasial (Prahasta, 2002).

Data-data yang begitu banyak untuk merepresentasikan atau memodelkan fenomena-fenomena yang terdapat di dunia nyata seringkali membuat kita kesulitan dalam mengarsipkannya, karena data-data tersebut masih terpisah satu dengan yang lainnya. Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat mengarsipkan (penyimpanan) semua data-data yang penting dalam suatu sistem informasi dan kita juga dapat mengelola, memproses atau memanipulasi, menganalisis, serta menampilkan kembali data-data tersebut (Harseno dan Tampubolon, 2007). Menurut Irwansyah (2013), Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System (GIS)* adalah sebuah sistem

yang didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan seluruh jenis data geografis.

Sistem Informasi Geografis (SIG) juga merupakan alat bantu manajemen informasi yang terjadi di muka bumi dan bereferensi keruangan (spasial). Sistem Informasi Geografi bukan sekedar *system computer* untuk pembuatan peta, melainkan juga merupakan juga alat analisis. Keuntungan alat analisis adalah memberikan kemungkinan untuk mengidentifikasi hubungan spasial diantara *feature* data geografis dalam bentuk peta (Prahasta, 2004).

Sistem informasi geografis menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atribut-atributnya di dalam satuan-satuan yang disebut *layer*. Sungai, bangunan, jalan, laut, batas-batas administrasi, perkebunan, dan hutan merupakan contoh-contoh dari *layer*. Kumpulan dari *layer-layer* ini akan membentuk basis data sistem informasi geografis. Dengan demikian, perancangan basis data merupakan hal yang esensial di dalam sistem informasi geografis. Rancangan basis data akan menentukan efektifitas dan efisiensi proses-proses masukan, pengelolaan, dan keluaran sistem informasi geografis (Prahasta, 2002).

2.4. Aspek Oseanografi dan Faktor Lingkungan

Struktur vegetasi mangrove bervariasi antara daerah satu dengan daerah lainnya, keadaan ini terjadi antara lain karena ada perbedaan interaksi dan respon individu spesies berupa toleransi fisiologi terhadap faktor-faktor lingkungan (Adha, 2000). Faktor-faktor ekologi mangrove yang berkaitan dengan pertumbuhan, perkembangan struktur, komposisi dan zonasi mangrove antara lain iklim (Blasco, 1984), bentuk lahan dan geomorfologi

(Chapman, 1976; Davis, 1992; Woodroffe, 1992) dan gradien fisik-kimia lingkungan seperti pasang surut, salinitas, sedimen dan nutrisi (Chai, 1982), dan pH (Chapman, 1997). Distribusi, penyebaran, dan perkembangannya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut, padahal antara daerah yang satu dengan yang lainnya kondisi lingkungan tersebut tidaklah sama (Yamada, 1997).

1. Pasang Surut

Habitat mangrove secara periodik tergenangi oleh air pasang (Hogarth, 1999). Frekuensi penggenangan pasang adalah parameter yang terlihat paling nyata berbeda dari zona intertidal rendah ke zona intertidal tinggi (Watson, 1928; De Hann, 1931). Menurut Kusmana (1995), Mangrove berkembang hanya pada perairan yang dangkal dan daerah intertidal yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut. Penetrasi pasang ke arah daratan akan memungkinkan mangrove tumbuh jauh ke daratan. Pasang yang terjadi di kawasan mangrove sangat menentukan zonasi tumbuhan dan komunitas hewan yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove. Secara rinci pengaruh pasang terhadap pertumbuhan mangrove dijelaskan sebagai berikut :

a. Lama pasang :

- 1) Lama terjadinya pasang di kawasan mangrove dapat mempengaruhi perubahan salinitas air dimana salinitas akan meningkat pada saat pasang dan sebaliknya akan menurun pada saat air laut surut.

- 2) Perubahan salinitas yang terjadi sebagai akibat lama terjadinya pasang merupakan faktor pembatas yang mempengaruhi distribusi spesies secara horizontal.
- 3) Perpindahan massa air antara air tawar dengan air laut mempengaruhi distribusi vertikal organisme.

b. Durasi pasang :

- 1) Struktur dan kesuburan mangrove di suatu kawasan yang memiliki jenis pasang diurnal, semi diurnal, dan campuran akan berbeda.
- 2) Komposisi spesies dan distribusi areal yang digenangi berbeda menurut durasi pasang atau frekuensi penggenangan, misalnya penggenangan sepanjang waktu maka jenis yang dominan adalah *Rhizophora mucronata* dan jenis *Bruguiera* serta *Xylocarpus* kadangkadang ada.

c. Rentang pasang (tinggi pasang):

- 1) Akar tunjang yang dimiliki *Rhizophora mucronata* menjadi lebih tinggi pada lokasi yang memiliki pasang yang tinggi dan sebaliknya.
- 2) Pneumatophora *Sonneratia* sp menjadi lebih kuat dan panjang pada lokasi yang memiliki pasang yang tinggi.

Perbedaan pola penggenangan juga mempengaruhi beberapa parameter yang lain, seperti variasi nilai salinitas (Clarke & Hannon, 1971) yang berhubungan dengan jarak tergenang air pasang (Wells, 1983), tekstur sedimen (Diemont, W.H. & Von Eingaarden, 1975) dan siklus senyawa kimia termasuk nutrien (Chen & Twilley, 1998) yang dengan adanya aksi

pasang surut akan memutar siklus urutan konsumsi bahan organik dan jarring-jarring makanan (Kristensen *et al.*, 2008).

2. Suplai Air Tawar dan Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan perkembangan mangrove, oleh sebab itu zonasi setiap habitat mangrove selalu berbeda sesuai dengan kondisi lingkungannya. Lokasi yang berada pada zona terbuka dan berhadapan langsung dengan laut bebas sangat mempengaruhi salinitas di daerah habitat mangrove (Jesus, 2012). Salinitas dinyatakan dalam permil (o/oo) atau ppt (*part per thousand*) atau g/l. Tujuh ion utama penyusun salinitas adalah sodium, potassium, kalium, magnesium, klorida, sulfat dan bikarbonat, sedangkan unsure lainnya adalah fosfor, nitrogen, dan unsur mikro (Boyd, 1990). Salinitas air tanah dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti genangan pasang, topografi, curah hujan, masukan air tawar dan sungai, run-off daratan dan evaporasi (Annas, 2004). Salinitas optimum yang dibutuhkan mangrove untuk tumbuh berkisar antara 10-30 ppt. Salinitas secara langsung dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dan zonasi mangrove, hal ini terkait dengan frekuensi penggenangan. Salinitas air akan meningkat jika pada siang hari cuaca panas dan dalam keadaan pasang (Eriza, 2010; Kusmana, 1995). Perubahan salinitas tidak langsung berpengaruh terhadap perilaku biota tetapi berpengaruh terhadap perubahan sifat kimia air (Brotowidjoyo, *et al.*, 1995).

Ketersediaan air tawar dan konsentrasi salinitas mengendalikan efisiensi metabolik dari ekosistem mangrove. Ketersediaan air tawar

tergantung dari; (a) frekuensi dan volume air sistem sungai dan irigasi dari darat; (b) frekuensi dan volume air pertukaran pasang surut; serta (c) tingkat evaporasi ke atmosfer. Spesies vegetasi mangrove memiliki mekanisme adaptasi yang tinggi terhadap salinitas, namun bila suplai air tawar tidak tersedia akan menyebabkan kadar garam tanah dan air mencapai kondisi ekstrim sehingga mengancam kelangsungan hidupnya (Dahuri, 2003). Spesies mangrove memiliki mekanisme adaptasi terhadap salinitas yang tinggi, dimana kelebihan salinitas akan dikeluarkan melalui kelenjar garam atau dengan cara menggugurkan daun yang terakumulasi garam (Macnae, 1968; Wells, 1982).

3. Tipe Substrat

Mangrove dapat tumbuh dengan baik pada substrat berupa pasir, lumpur atau batu karang. Namun paling banyak ditemukan adalah di daerah pantai berlumpur, laguna, delta sungai, dan teluk. Karakteristik tanah hutan mangrove di Indonesia umumnya terdiri atas tanah yang bertekstur halus, mempunyai tingkat kematangan yang rendah (*unripe*), memiliki kadar garam dan alkalinitas tinggi dan sering mengandung lapisan sulfat masam atau sulfidik (*catclay*) (Hilmi, 2005). Lahan yang terdekat dengan air pada areal hutan mangrove biasanya terdiri dari lumpur dimana lumpur diendapkan. Tanah ini biasanya terdiri dari kira-kira 75% pasir halus, sedangkan kebanyakan dari sisanya terdiri dari pasir lempung yang lebih halus lagi (Budiman dan Suharjono, 1992). Faktor pasang surut lokal juga dapat mempengaruhi tipe karakteristik substrat

melalui arus yang membawa material sedimen dan substrat yang terjadi secara periodik kemudian akan menentukan zonasi dari spesies mangrove (Saha dan Choundhury, 1995; Bunt dan Williams, 1981).

Selanjutnya Bengen (2004) menyatakan bahwa *Rhizophora* spp. saat tumbuh dengan baik pada substrat berlumpur dan dapat mentoleransi tanah lumpur berpasir dipantai yang agak berombak dengan frekuensi genangan 20-40 kali/bulan. Bakau merah (*Rhizophora stylosa*) cocok pada lokasi substrat pasir berkarang, *Avicennia* spp. cocok pada daerah yang bersubstrat pasir berlumpur terutama dibagian terdepan pantai, dengan frekuensi genangan 30-40 kali/bulan. *Sonneratia* spp. dapat tumbuh dengan baik di lokasi substrat berlumpur atau lumpur berpasir di pinggir pantai ke arah darat dengan frekuensi genangan 30-40 kali/bulan. *Bruguiera gymnorhiza* dapat tumbuh dengan baik pada substrat yang lebih keras terletak kearah darat dari garis pantai dengan frekuensi genangan 30- 40 kali/bulan.

Komposisi tanah atau sedimen dasar mangrove biasanya terdiri dari pasir, lempung dan lanau (Diemont, W.H. & Von Eingaarden, 1975). Secara alamiah zona intetidal tinggi memiliki kandungan pasir rendah, sedangkan lempung dan lanaunya tinggi; sebaliknya zona intertidal rendah memiliki kandungan pasir lebih tinggi dan kandungan lempung dan lanaunya lebih rendah (Adha, 2000).

Tabel 1. Kelas Ukuran Butiran Sedimen

Kelas Ukuran Butiran	Diameter Butiran (mm)
Boulder (Bongkah)	>256
Cobbe (Berangkal)	64-256
Pebble (Kerakal)	4 - 64
Granule (kerikil)	2 - 4
Very Coarse Sand (Pasir sangat kasar)	1 - 2
Coarse Sand (pasir kasar)	0,5 - 1
Medium Sand (Pasir sedang)	0,25 - 1
Fine Sand (pasir halus)	0,125 - 0,25
Very Fine Sand (pasir sangat halus)	0,062 - 0,125
Silt (debu/lanau)	0,0039 - 0,062
Clay (lempung)	< 0,0039

Sumber : Hutabarat dan Evans, 1984

4. Kecepatan Arus

Arus merupakan perpindahan massa air dari suatu tempat ke tempat lain disebabkan oleh sebagian faktor seperti hembusan angin, perbedaan densitas atau pasang surut. Faktor utama yang dapat menimbulkan arus yang relatif kuat adalah angin dan pasang surut. Arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman dimana pada suatu musim arus mengalir ke suatu arah dengan tetap pada musim berikutnya akan berubah arah sesuai dengan perubahan arah angin yang terjadi (Hasmawati, 2001).

Kecepatan arus secara tak langsung akan mempengaruhi substrat dasar perairan. Berdasarkan kecepatannya maka arus dapat dikelompokkan menjadi arus sangat cepat (>1 m/dt), arus cepat (0,5-1 m/dt), arus sedang (0,1-0,5 m/dt) dan arus lambat (<0,1 m/dt). Distribusi mangrove dipengaruhi oleh kecepatan arus yang dapat membawa bibit mangrove. Biasanya mangrove yang berbatasan langsung dengan perairan dapat tumbuh dengan kondisi arus lemah (Hasmawati, 2001).

Salah satu pedoman mudah yang dapat dilakukan untuk melakukan rehabilitasi mangrove disuatu lokasi adalah dengan mengetahui jenis mangrove yang tumbuh disekitar lokasi dengan mengetahui elevasi lokasi tersebut karena tumbuhan mangrove hanya dapat hidup pada ketinggian diatas pasang surut rata-rata. Pada lokasi dimana tumbuh mangrove, maka kondisi lingkungan tersebut mendukung kehidupan spesies mangrove, dengan demikian spesies mangrove dapat direhabilitasi di lokasi tersebut dengan berdasarkan pada data vegetasi dan oseanografi yang ada. Tidak menutup kemungkinan untuk jenis mangrove yang lain dapat tumbuh di lokasi tersebut dengan pengambilan data bibit mangrove yang pernah hidup di lokasi tersebut. Penanaman mangrove dalam rangka membangun sabuk hijau dengan mengetahui terlebih dahulu faktor-faktor yang mendukung kehidupan mangrove. Faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan rehabilitasi mangrove adalah siklus hidrologi dan elevasi dari lokasi tersebut (Brown, 2006).

5. Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh kritis terhadap proses hidup esensial tumbuhan seperti fotosintesis, respirasi, dan mengatur sejumlah besar proses-proses penggunaan energi internal. Boleh jadi pengaruh yang paling kuat adalah ekskresi, pengaturan garam, dan respirasi akar. Temperatur yang terlalu tinggi akan meningkatkan penguapan air dari tumbuhan. Pada umumnya tumbuhan di daerah tropis tidak dapat melakukan fotosintesis pada temperatur lebih rendah dari 5°C. Maka

meskipun terdapat sinar dan CO² yang cukup, kegiatan fotosintesis akan terhambat jika temperatur tetap rendah (Purnobasuki, 2005).

Peningkatan suhu perairan sebesar 10 °C, dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sebanyak dua sampai tiga kali lipat. Perubahan suhu juga berakibat pada meningkatnya dekomposisi bahan organik oleh mikrobial (Effendi, 2003). Perairan tropika biasanya mempunyai suhu antara 27-29 °C merupakan habitat terbaik bagi tumbuhan mangrove (Morista, 2002). Suhu suatu perairan dipengaruhi oleh radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan, serta proses interaksi antara air dan udara seperti perpindahan panas, penguapan, dan hembusan angin (Dahuri *et al.*, 1996).

6. pH (Derajat Keasaman)

Air laut mempunyai kemampuan menyangga yang sangat besar untuk mencegah perubahan pH. Perubahan pH sedikit saja dari pH alami akan memberikan petunjuk terganggunya sistem penyangga. Hal ini dapat menimbulkan perubahan dan ketidakseimbangan kadar pH yang dapat membahayakan kehidupan biota laut. pH air laut permukaan di Indonesia umumnya bervariasi dari lokasi ke lokasi antara 6.0 - 8,5. Perubahan pH dapat mempunyai akibat buruk terhadap kehidupan biota laut, baik secara langsung maupun tidak langsung. Akibat langsung adalah kematian ikan, burayak, telur, dan lain-lainnya, serta mengurangi produktivitas primer (Purnobasuki, 2005). Sedangkan klasifikasi perairan berdasarkan pH menurut (Banareja, 1967 dalam Hasbi, 2004) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Klasifikasi Perairan Berdasarkan Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH)	Keadaan perairan
5,5-6,5	Kurang produktif
6,5-7,5	Produktif
7,5-8,5	Sangat produktif
>8,5	Tidak produktif

7. Nutrien (Karbon, Nitrogen, dan Phosphor)

Kandungan nutrient dalam sedimen dasar mangrove antara lain karbon, nitrogen dan phosphor. Unsurunsur tersebut merupakan bagian dari material organik sedimen dasar yang mempengaruhi berbagai proses fisiologi jaringan tumbuhan (Chen & Twilley, 1998). Menurut Mulya (2002), peranan bahan organik dalam ekologi laut adalah sebagai sumber energy (makanan), sumber bahan keperluan bakteri, tumbuhan maupun hewan, sumber vitamin, sebagai zat yang dapat mempercepat dan memperlambat pertumbuhan sehingga memiliki peranan penting dalam mengatur kehidupan.

Bahan organik dalam air laut dapat dibagi dua bagian yaitu bahan organik terlarut yang berukuran $< 0,5$ mm dan bahan organik tidak terlarut yang berukuran $> 0,5$ mm. Bahan organik merupakan sumber makanan bagi mikro organisme di dalam tanah. Melalui reaksi-reaksi kimia yang terjadi seperti reaksi pertukaran kation akan dapat menentukan sifat kimia tanah. Diantara komponen-komponen aktif secara biologis dari bahan organik tanah adalah, polisakarida, gula-gula amino, nukleosida, dan belerang organik amino, nukleosida dan belerang organik serta senyawa-senyawa fosfat. Sebagian besar dari bahan organik di dalam tanah terdiri dari bahan-

bahan yang tidak larut dalam air dan relatif tahan terhadap penguraian. Bahan ini disebut humus. Humus disusun oleh fraksi dasar yang disebut asam-asam humat dan fulvat dan sebuah fraksi tidak larut disebut humin (Arief, 2003).

Tabel 3. Klasifikasi Senyawa-senyawa dalam Tanah (Manahan, 1994)

Tipe Senyawa	Komposisi	Pengaruh/ Kegunaan
Humus	Sisa degradasi dari penguraian tanaman, banyak mengandung C, H dan O.	Kelimpahan bahan organik meningkatkan sifat-sifat fisik tanah, pertukaran akar, tempat persediaan nitrogen.
Lemak-lemak, resin dan lilin	Lemak-lemak yang dapat diekstraksi oleh pelarut-pelarut organik.	Secara umum hanya beberapa % dari bahan organik tanah yang dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah.
Sakarida	Sellulosa, jerami dan hemiselulosa	Makanan utama dari mikro organism tanah, membantu menstabilkan agregat tanah.
Nitrogen dalam bahan organik	Ikatan N pada humus, asam amino, gula amino.	Penyedia nitrogen untuk kesuburan tanah
Senyawa-senyawa fosfor	Ester, ester fosfat, fosfolipid	Sumber dari fosfat tanaman.

Menurut Gabriel (2001), tanah dengan kandungan bahan organik di atas 20 % digolongkan tanah organik. Sedangkan tanah dengan kandungan bahan organik rata-rata 80% digolongkan tanah organik yang sangat baik. Tanah organik dibentuk dari bahan organik yaitu ndapan organik, rumput, lumut dan kayu. Oleh sebab itu tanah organik dibagi dalam tiga lapisan besar, yaitu; 1). Tanah endapan : Campuran leli air, herba empang, hornwort, pollen(tepung sari) dan plankton; 2). Tanah gambut berserat :

Berbagai macam rumput alang-alang (sedges), lumut, sphagnum, hypnum dan katalis (latifolia dan augustifolia) 3). Tanah gambut kayuan : Kayu-kayuan dan konifera.

