

Bab II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teoritis

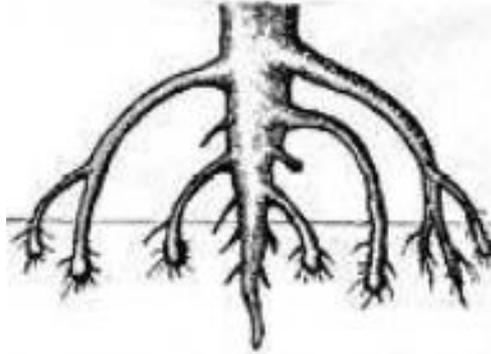
2.1.1 Hutan Mangrove

Soerianegara mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut, dan terdiri atas jenis-jenis pohon *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphyphora* dan *Nypa*[11]. Sementara itu menurut Imran (2016)[12], ekosistem hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki produktivitas tinggi dibandingkan ekosistem lain dengan dekomposisi bahan organik yang tinggi, dan menjadikannya sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang berada di perairan sekitarnya.

Hutan mangrove merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan penting di wilayah pesisir dan kelautan. Selain mempunyai fungsi ekologis sebagai penyedia nutrisi bagi biota perairan, tempat pemijahan dan asuhan (*nursery ground*) berbagai macam biota perairan, penahan abrasi pantai, amukan angin taufan dan tsunami, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, hutan mangrove juga mempunyai fungsi ekonomis yang tinggi seperti sebagai penyedia kayu, obat-obatan, alat dan teknik penangkapan ikan (Rahmawaty, 2006)[13].

Indriyanto (2006)[14] berpendapat bahwa hutan mangrove merupakan sumber daya alam tropis yang mempunyai manfaat ganda, baik dari aspek sosial, ekonomi, maupun ekologi. Berbeda dengan hutan daratan, hutan mangrove memiliki habitat yang lebih spesifik karena adanya interaksi antara komponen penyusun ekosistem yang kompleks dan rumit. Komponen penyusun ekosistem tersebut saling berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang utuh dan tidak dapat berdiri sendiri. Hutan mangrove termasuk tipe ekosistem yang tidak terpengaruh oleh iklim, tetapi faktor edafis sangat dominan dalam pembentukan ekosistem ini.

Akibat kurang stabilnya tanah dan pengaruh pasang surut air laut habitat tumbuh mangrove pada daerah interdal menyebabkan mangrove bakau memiliki akar tongkat/penyanggah seperti pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Akar tongkat/penyanggah (*Rhizophora* spp)

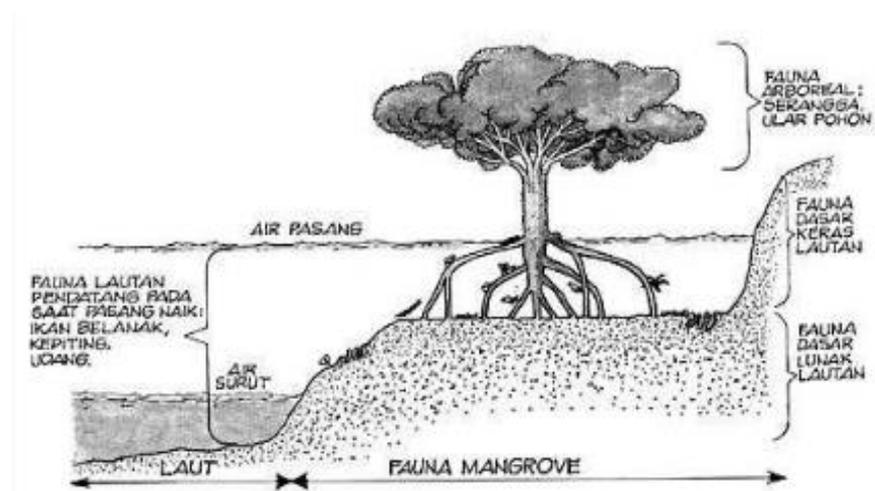
Akar-akar penyanggah tumbuh dari batang pohon menembus permukaan substrat. Akar penyanggah merupakan akar udara yang tumbuh di atas permukaan tanah yang mencuat dari batang pohon dan dahan paling bawah serta memanjang ke luar dan menuju ke permukaan tanah. Untuk mengambil oksigen akar penyangga memiliki lobang-lobang kecil yang disebut dengan lentisel berfungsi untuk mendapatkan oksigen (Bengen,Dea)[15]. Mangrove bakau dengan sistem perakaran penyanggah, tipe perakaran ini bagus untuk menahan pohon agar tetap tegak berdiri bila dihempas angin badai maupun gelombang laut.



Gambar 2. 2 Daun dan Batang (*Rhizophora* spp)

Pada *Rhizophora* daun (hijau, berbintik di bagian bawah, elips melebar, unit sederhana dan berlawanan, panjang tangkai daun 1-4 cm, jarak antar tangkai daun 0,1-5 cm, tata susun letak daun berhadapan bersilangan, bentuk daun menjorong, panjang 4,5-17 cm, lebar 1,5-7 cm, ujung bertugi, pangkal menirus, permukaan

atas halus, permukaan bawah kasar, tepi mengutuh, pertulangan daun menyirip, jumlah cabang tulang daun 28-60, derajat kemiringan cabang tulang daun 40° - 70° .) diameter ranting (0,3 – 0,9 cm) dan pada Pohon dapat mencapai tinggi 15 - 20 meter. Sehingga pada mangrove bakau ini selain dapat menjadi peredam gelombang, peredam angin badai, pelindung pantai dari abrasi dapat juga menjadi pelindung pesisir saat terjadi tsunami sehingga mengurangi kerusakan yang terjadi.

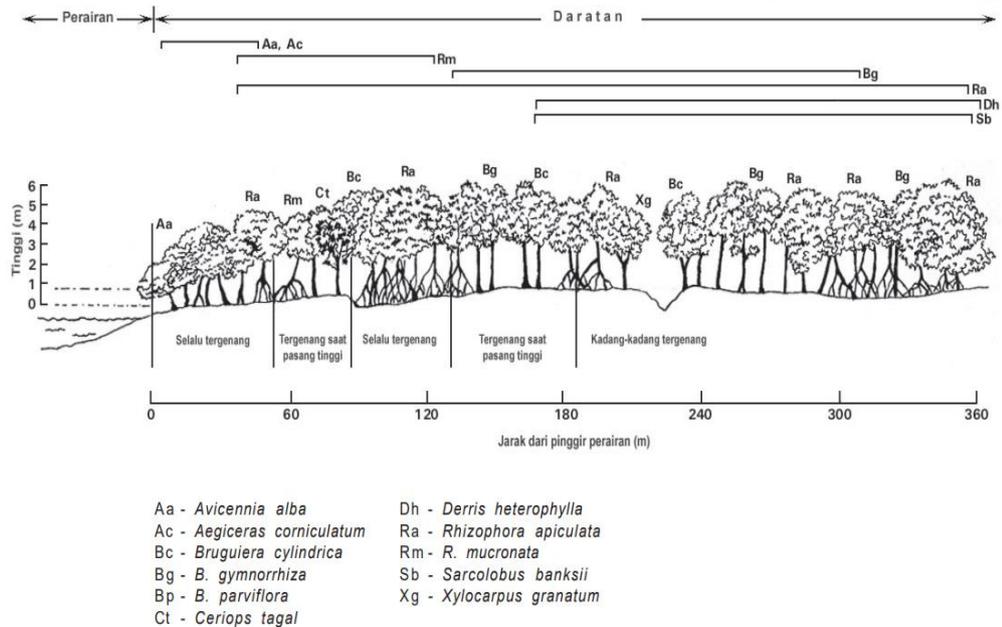


Gambar 2. 3 Mangrove Bakau

Berdasarkan gambar 2.1 secara umum terlihat bahwa perakaran mangrove bakau setinggi air laut pasang. Dengan kata lain perakaran mangrove bakau beradaptasi dengan ketinggian air laut pasang. Ketika air laut pasang, perakaran bakau akan tertutup seluruhnya. Selain berfungsi sebagai peredam gelombang, mangrove bakau juga berfungsi sebagai peredam angin badai, pelindung pantai dari abrasi, penahan lumpur dan perangkap sedimen yang diangkut oleh aliran permukaan air serta dapat mengurangi kerusakan akibat dampak tsunami.

Mangrove secara umum merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa jenis pohon yang mampu tumbuh dan berkembang di daerah pasang surut pantai berlumpur. Menurut Bengen dan Giesen perbedaannya dengan hutan lain, adalah keberadaan flora dan fauna yang spesifik, dengan keanekaragaman jenis yang tinggi (Rafdinal,dkk.2022)[16]. Berdasarkan beberapa pendapat para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa mangrove merupakan

ekosistem yang tidak terpengaruh oleh iklim dan sumber daya tropis yang merupakan ekosistem utama dan pendukung kehidupan di wilayah pesisir dan muara sungai yang di dominasi beberapa jenis pohon yang mampu tumbuh dan berkembang serta di pengaruhi pasang surut air laut.



Gambar 2. 4 Zonasi Pertumbuhan Mangrove (Noor, dkk, 1999)

Noor, dkk (1999)[17] mengklasifikasikan tipe vegetasi menjadi empat kelompok, sebagai berikut:

1. Mangrove Terbuka

Mangrove berada pada bagian yang berhadapan dengan laut. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah *S. alba*, *A. alba*, *A. Marina*, dan *R. mucronata*. *S. alba* dan *A. alba* tumbuh pada daerah yang tergenang air yang cenderung berpasir, sedangkan *A. Marina*, dan *R. mucronata* tumbuh pada daerah yang lebih berlumpur. Komposisi floristik dari komunitas di zona terbuka sangat bergantung pada substratnya.

2. Mangrove Tengah

Mangrove di zona ini terletak dibelakang mangrove zona terbuka. Di zona ini biasanya didominasi oleh jenis *Rhizophora*. Pada di Karang Agung didominasi oleh *Bruguiera cylindrica*. Jenis-jenis penting lainnya yang ditemukan di Karang

Agung adalah *B. eriopetala*, *B. gymnorhiza*, *Excoecaria agallocha*, *R. mucronata*, *Xylocarpus granatum* dan *X. moluccensis*

3. Mangrove Payau

Mangrove berada disepanjang sungai berair payau hingga hampir tawar. Di zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* atau *Sonneratia*. Di Karang Agung, 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, *Gluta renghas*, *Stenochlaena palustris* dan *Xylocarpus granatum*. Ke arah pantai, campuran komunitas *Sonneratia* - *Nypa* lebih sering ditemukan. Di sebagian besar daerah lainnya, seperti di Pulau Kaget dan Pulau Kembang di mulut Sungai Barito di Kalimantan Selatan atau di mulut Sungai Singkil di Aceh, *Sonneratia caseolaris* lebih dominan terutama di bagian estuari yang berair hampir tawar

4. Mangrove Daratan

Mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Jenis-jenis yang umum ditemukan pada zona ini termasuk *Ficus microcarpus* (*F. retusa*), *Intsia bijuga*, *N. fruticans*, *Lumnitzera racemosa*, *Pandanus* sp. dan *Xylocarpus moluccensis* (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1993). Zona ini memiliki kekayaan jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona lainnya.

Menurut Warsono dalam A.B Pratiwi (2021) ekosistem mangrove hanya dapat ditemukan didaerah tropis dan subtropis serta dapat berkembang dengan baik pada lingkungan seperti pantai yang dangkal, muara sungai dan pulau yang terletak pada teluk dengan ciri-ciri ekologi sebagai berikut :

1. Jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir dengan bahan-bahan yang berasal dari lumpur, pasir atau pecahan karang.
2. Lahannya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan ini akan menentukan komposisi vegetasi ekosistem itu sendiri.
3. Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat (sungai, mata air atau air tanah) yang berfungsi untuk menurunkan salinitas, menambah pasokan unsur hara dan lumpur.

4. Suhu udara dengan fluktuasi musiman tidal lebih dari 5°C dan suhu rata-rata di bulan terdingin lebih dari 20° C
5. Airnya payau dengan salinitas 2-22 ppt atau asin dengan salinitas mencapai 38 ppt.
6. Arus laut tidak terlalu deras dan dipengaruhi pasang surut air laut.
7. Tumbuh di tempat-tempat yang terlindung dari angin kencang dan gempuran ombak yang kuat.
8. Topografi pantai yang datar atau landai.

Terdapat beberapa manfaat hutan mangrove, menurut Riwayati (2014)[18] manfaat hutan mangrove ada beberapa sebagai berikut: 1) Menumbuhkan pulau dan menstabilkan pantai, 2) menjernihkan air, 3) mengawali rantai makanan, 4) melindungi dan memberi nutrisi, 5) maaaf bagi manusia, 6) tempat tambat kapal, 7) obat-obatan, 8) pengawet, 9) pakan dan makan, 10) bahan mangrove dan bangunan.

Rosyada alfa, dkk (2018)[19] menyatakan manfaat lain hutan mangrove sebagai berikut:

1. Tumbuhan mangrove sebagai obat (*A.ilicifolius*, *N.fructicans*, *H.tiliaceus*, dan *M.candidum*)
2. Tumbuhan mangrove sebagai pangan (*S.Ovata*, *B.gymnorrhiza*, *A.alba*, *B.gymnorrhiza*, dan *Sonneratia alba*, *N.fructicans*)
3. Tumbuhan mangrove sebagai aromatik (*S.ovata*, *X.granatum*, *C.trifolia**M.candidum*)
4. Tumbuhan mangrove sebagai penghasil kayu bakar (api-api,bakau)
5. Tumbuhan mangrove untuk anyaman dan kerajinan
6. Tumbuhan mangrove penghasil zat warna (*S.ovata*)

Menurut Khazali (1999)[20] jarak tanam mangrove tergantung lokasi dan tujuan penanaman di pinggir laut dengan tujuan melindungi pantai dari abrasi atau sebagai jalur hijau, jarak tanam nya adalah 1 × 1 meter. Jumlah baris tanaman tergantung kondisi pantai, namun di usahakan dengan sebanyak mungkin. Dengan semakin banyaknya tegakan tanaman Akan semakin besar kemampuannya untuk

melindungi pantai dari abrasi, semakin besar kemampuan menyuburkan pantai, dan semakin banyak ruang untuk perlindungan dan tumbuh bagi biota air seperti ikan dan udang. Penanaman di pinggir sungai atau saluran-saluran air menuju tambak dengan tujuan melindungi tanggul atau jalur hijau, apabila hanya 1 baris, jarak antara tanaman dapat menjadi 1 meter atau 1,5 meter. Apabila lebih dari 1 baris, jarak tanam dapat 1×1 meter atau $1,5 \times 1,5$ meter. Apabila di lokasi penanaman banyak penjala, pencari udang atau kepiting, maka jarak antara tanam sebaiknya diperbesar menjadi 2 meter atau 2×2 meter. Hal ini untuk memberi ruang bagi mereka dan alat yang di gunakan agar tidak merusak tanaman.

Tabel 2. 1 Kriteria lokasi penanaman yang sesuai untuk tanaman mangrove dan tanaman pantai

Kriteria	Lokasi yang sesuai untuk Mangrove	Lokasi yang sesuai untuk Tanaman Pantai
Kondisi Tanah	◆ Tanah berlumpur	◆ Tanah berpasir ◆ Tidak terkena pasang surut air laut
Letak	◆ Lokasi di dekat pantai yang terkena pengaruh pasang surut	◆ Di pesisir yang bebas dari pasang surut (bebas dari air asin) ◆ Penanaman mulai dari darat, bukan dari tepi pantai
Salinitas	◆ 7-15 ppt	◆ Kering
Sumber Air	◆ Air payau	◆ Air tawar
Indikator	◆ Ditemukan ikan glodok/tembakul	◆ Ditumbuhi oleh galaran/katang-katang
Lain-lain	◆ Dekat dengan SDM ◆ Bebas dari hewan ternak dan hama lain	

Sumber: Menanam bibit mangrove (UNEP), Kurniasari, T[21]

Dengan memiliki habitat yang berada di wilayah pasang surut, adaptasi morfologi merupakan salah satu mekanisme penyesuaian mangrove dengan kondisi habitat seperti itu. Sejalan dengan pendapat di atas, sebagian besar jenis-jenis mangrove juga dapat tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur, terutama di daerah endapan lumpur yang terakumulasi (Chapman dalam Rusila, dkk 1999).

menurut Srikanth et al. (dalam Handayani dan Hewidat 2019)[22], akar napas dapat berbentuk akar pasak (cone roots), akar pensil (pencil roots), akar

lutut (knee-roots), akar tongkat/penyangga (stilt-roots), akar papan (buttress/plank-roots), akar gantung (aerial-roots), akar cakar ayam (spreading roots). Percabangan akar yang kompleks tersebut memperkuat akar utama sehingga mampu menyangga tumbuhan mangrove dengan kuat. Gambar 2.5 adalah beberapa contoh berbagai bentuk dari akar napas.

- a) Akar lutut (knee roots), adalah tonjolan akar mangrove yang horizontal tumbuh ke atas substrat kemudian melengkung masuk kembali ke substrat, tonjolan di atas substrat berbentuk seperti lutut. Mangrove yang memiliki akar lutut antara lain *Bruguiera* spp.
- b) Akar tongkat/penyangga (stilt roots), adalah akar-akar yang keluar dari batang bagian bawah tumbuh menuju substrat. Mangrove yang memiliki akar tunjang antara lain *Rhizophora* spp.
- c) Akar papan (buttress/plank roots), adalah akar-akar yang keluar dari batang bagian bawah tumbuh menuju substrat tumbuh melebar seperti papan. Mangrove yang memiliki akar papan antara lain *Heritiera*.
- d) Akar cakar ayam (spreading roots), adalah akar yang menyebar dengan banyak akar kecil di bawah tanah. Mangrove yang memiliki akar cakar ayam antara lain *Ceriops*.



Pneumatophore



Akar tunjang (stilt root)



Akar lutut (knee root)



Akar papan (plank root)

Gambar 2. 5 Beberapa Tipe Perakaran Mangrove

Menurut Panjaitan (2002) bahwa komunitas vegetasi mangrove dapat tumbuh pada pada pantai berlumpur, pada umumnya pohon – pohon vegetasi mangrove tersebut berbatang lurus dengan ketinggian mencapai 3,5 meter sampai dengan 4,5 meter. Kemudian pada kondisi pantai berpasir dan terumbu karang, mangrove tumbuh kerdil dan rendah serta batang yang bengkok. Jenis vegetasi mangrove mempunyai habitat sekresi yang berbeda-beda, tergantung pada parameter fisik seperti salinitas, jenis substrat serta pasang surut.



Gambar 2. 6 Rhizophoraceae

Jenis-jenis *Mangrove* menurut Noor,dkk (1999) yang di deskripsikan hanya mencakup 60 jenis, meliputi 43 jenis mangrove sejati dan 17 jenis mangrove ikutan. berikut ini spesies *Rizophora sp* adalah salah satu genus dari family *Rhizophoraceae*, menurut Djamaluddin, R. 2018 klasifikasi spesies yang tergabung dalam genus *Rhizophora sp*:

1. *Rhizophora apiculata* Blume

Spesies ini umumnya tumbuh pada tanah basah, berlumpur, berpasir, halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal. *Rhizophora apiculata* tidak menyukai substrat yang keras (dengan komposisi pasir yang tinggi). Tingkat dominasi jenis ini dapat mencapai 90% dari vegetasi yang tumbuh di suatu lokasi. Spesies ini tumbuh dengan baik pada perairan pasang surut yang memiliki pengaruh masukan air tawar yang kuat secara permanen. Pohon (mencapai 15 meter), Akar (tunjang dan akar udara), Kulit kayu (abu-abu hingga gelap, agak bersih/licin dibanding lainnya), Diameter ranting (0,3-0,9 cm) Daun (hijau hingga hijau tua, berbintik di bagian bawah, elips menyempit, unit sederhana dan berlawanan pada panjang tangkai daun 1-2,5 cm, jarak antar tangkai daun 0,1-5 cm, tata susun letak daun berhadapan bersilangan, bentuk daun menyorong, panjang 8,5-11,5 cm, lebar 3,3-5 cm, ujung meruncing, pangkal menirus, permukaan atas halus, permukaan bawah kasar, tepi bergigi, pertulangan daun

menyirip, jumlah cabang tulang daun 43-60, derajat kemiringan cabang tulang daun 60° - 70°), Bunga (biseksual, kepala bunga kekuningkuningan, menempel pada ketiak daun, 2 bunga per kelompok, daun mahkota 4 berwarna kuning-putih tanpa rambut, kelopak bunga 4 kuning kecoklatan, benang sari 11 – 12 tak bertangkai, panjang 0,5–1 mm), Buah (seperti pear, coklat, berisi 1 biji fertil, hipokotil silindris berdiameter 1-2 cm berbintik dan hijau jingga, leher kotilidon berwarna kuning kecoklatan saat muda dan kemerahan saat matang). (Djamaluddin, R. 2018; Sudarmadji. 2004[23]; Irawan, B. dkk 2013)[24].



Gambar 2. 7 *Rhizophora apiculata* Blume

Sumber: Buku Mangrove, Djamaluddin, R. (2018)

2. *Rhizophora mucronata* Lamk

Rhizophora mucronata tumbuh pada areal yang sama dengan *R.apiculata* tetapi lebih toleran terhadap substrat yang lebih keras dan pasir. Pada umumnya tumbuh dalam kelompok, dekat atau pada pematang sungai pasang surut dan di muara sungai, jarang sekali tumbuh pada daerah yang jauh dari air pasang surut. Pohon (dapat mencapai 20 meter), Akar (tunjang dan akar udara), kulit Kayu (gelap hingga kehitaman, bercelah horizontal), Diameter ranting (0,3- 0,9 cm), Daun (hijau, berbintik di bagian bawah, elips melebar, unit sederhana dan berlawanan, panjang tangkai daun 1-4 cm, jarak antar tangkai daun 0,1-3 cm, tata susun letak daun berhadapan bersilangan, bentuk daun menjorong, panjang 4,5-17 cm, lebar 1,5-7 cm, ujung bertugi, pangkal menirus, permukaan atas halus, permukaan bawah kasar, tepi mengutuh, pertulangan daun menyirip, jumlah

cabang tulang daun 28-51, derajat kemiringan cabang tulang daun 40° - 70° .), Bunga (seperti cagak, biseksual, menempel pada ketiak daun, 4 -8 bunga per kelompok, daun mahkota 4 putih berambut, kelopak bunga 4 kuning muda/pucat, benang sari 8 tak bertangkai, tangkai putik panjang 1–2 mm dengan ujung berbelah dua), Buah (lonjong panjang hingga bulat telur mirip buah jambu air, ukuran 2-2,3 cm, warna hijau kekuningan, berbiji tunggal, hipokotil silindris berdiameter 2-2,5 cm kasar dan berbintil, panjang dapat mencapai 90 cm, dengan permukaan berbintik-bintik). (Djamaluddin, R. 2018; Sudarmadji. 2004; Irawan, B. dkk 2013)



Gambar 2. 8 *Rhizophora mucronata* Lamk

Sumber: Buku Mangrove, Djamaluddin, R. (2018)

3. *Rhizophora stylosa* Griffith

Rhizophora stylosa tumbuh pada habitat yang beragam di daerah pasang surut dengan substrat lumpur, pasir dan batu. Tumbuh baik pada pematang sungai pasang surut, spesies ini merupakan jenis pionir di lingkungan pesisir atau pada bagian daratan dari suatu ekosistem mangrove. Satu jenis relung khas yang bisa ditempatinya adalah tepian mangrove pada pulau dengan tipe substrat karang. Pohon (dapat mencapai 15 meter), Akar (tunjang dan akar udara), Kulit kayu (abu-abu hingga hingga hitam, bercelah), Daun (Permukaan atas halus, hijau terang, berbintik di bagian bawah tulang daun berwarna kehijauan, berbintik-bintik hitam tidak merata, elips melebar, unit sederhana dan berlawanan, ukuran panjang 8-12 cm), Bunga (seperti cagak, biseksual, menempel pada ketiak daun, bercabang 2-3 kali, 8-16 bunga per kelompok, daun mahkota putih berambut,

kelopak bunga 4 kuning muda, benang sari 8 dengan 1 tangkai putik memanjang, panjang 0,4-0,6 cm), Buah (seperti pear, coklat, berisi 1 biji fertil, ukuran 1,5-2 cm, hipokotil silindris berdiameter 2-2,5 cm, permukaan halus, panjang dapat mencapai 30 cm, leher kotilidon kuning kehijauan saat matang). (Djamaluddin, R. 2018; Irawan, B. dkk 2013)



Gambar II.1 *Rhizophora stylosa* Griffith

Sumber: Buku Mangrove, Djamaluddin, R. (2018)

2.1.2 Kecepatan Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut diperoleh dari pengukuran langsung diatas permukaan laut atau pengukuran di darat yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Data angin diperoleh dari beberapa tahun pengamatan, sehingga data tersebut sangat besar. Untuk itu data tersebut disajikan dalam bentuk tabel ringkasan atau diagram mawar angin (Wind Rose). Kecepatan angin di ukur dengan menggunakan anemometer dan biasa dinyatakan dalam Knot. Satu knot adalah panjang 1 menit garis bujur melalui khatulistiwa yang di tempuh dalam 1 jam, atau 1 knot=1,852km/jam =0,5 m/d.

Pengolahan data angin menjadi diagram *wind rose* dilakukan menggunakan program AutoCAD, sehingga dapat dilihat karakteristik angin. Kecepatan angin bertiup dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$U_A = 0,71 \times U_W^{1,23} \quad (2.1)$$

Dimana:

U_A : Kecepatan angin bertiup

U_w : Kecepatan angin diatas permukaan laut

2.1.3 Gelombang

Gelombang/Ombak yang terjadi di laut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada pembangkit nya. Pembangkit gelombang laut dapat di sebabkan oleh: angin (gelombang angin), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang di sebabkan oleh gerakan kapal. Menurut Mulyabakti (2016)[25] gelombang laut adalah suatu fenomena alam yang sering terjadi di laut. Gelombang laut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan laut secara vertical yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut secara umum didefinisikan sebagai naik turunnya permukaan air laut yang dapat membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air.

Triatmodjo (2011)[26] berpendapat bahwa gelombang / ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada pembangkit nya. Gelombang laut dapat di sebabkan oleh: angin (gelombang angin) yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, (gelombang pasang surut) dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, (gelombang tsunami) terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, ataupun gelombang yang di sebabkan oleh gerakan kapal.

Bentuk gelombang di lautan ketika mendekati perairan dangkal Akan berubah dan akhirnya pecah ketika sampai di pantai. Hal ini disebabkan oleh adanya gesekan dari dasar laut di perairan dangkal, dimana tinggi gelombang meningkat dan panjang gelombang berkurang. Bentuk ini kemudian menjadi tidak stabil dan akhirnya pecah yang disertai dengan gerakan maju ke depan yang berkekuatan sangat besar sampai mencapai daerah pantai. Informasi karakteristik umum gelombang Akan dianalisis dari konversi data angin.

2.1.4 Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Berdasarkan kedalaman relative, yaitu antara kedalaman air d dan panjang gelombang L , (d/L), gelombang dapat di klasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

Gelombang di laut dangkal jika $\frac{d}{L} = \pi r^2 \leq 1/25$

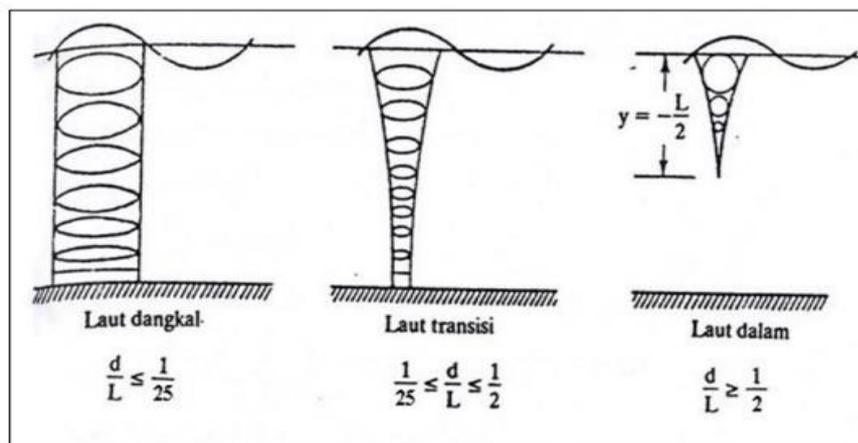
1. Gelombang di laut transisi jika $1/25 < \frac{d}{L} < 1/2$

2. Gelombang di laut dalam jika $\frac{d}{L} \geq 1/2$

Keterangan:

d = Kedalaman air (m)

L = Panjang gelombang (m)



Gambar 2. 9 Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman

Sumber: Buku Teknik Pantai, Triatmodjo, B. (1999)

2.1.5 Periode Ulang Gelombang

Perkiraan gelombang dengan periode ulang tertentu dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu distribusi Gumbell (Fisher – Tippett Type I) dan distribusi Weibull (CERC, 1992).

Untuk menentukan gelombang dengan periode ulang tentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran beberapa tahun. Perhitungan gelombang dengan periode ulang menggunakan beberapa metode dilakukan dengan Cara yang Sama, hanya saja terdapat perbedaan pada persamaan dan koefisien yang digunakan disesuaikan dengan metode masing-masing. Adapun persamaan yang digunakan yaitu:

1. Metode Gumbell (Fisher – Tippett Type I)

Dengan Rumus:

$$p(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0,44}{Nt + 0,12} \quad (2.2)$$

$$Ym = -\ln\{-\ln P(Hs \leq Hsm)\} \quad (2.3)$$

$$\sigma_{Hs} = \sqrt{\frac{\sum(Hsm - Hsm)^2}{N - 1}} \quad (2.4)$$

$$H_{sr} = A \times Yr + B \quad (2.5)$$

$$A = \frac{N(\sum Hsm \times Ym) - (\sum Ym)}{n \times \sum Ym^2 - (\sum Ym)^2} \quad (2.6)$$

$$B = Hsm - A \times Ym \quad (2.7)$$

$$a = ale^{a^2 N - 1,3 + K\sqrt{\ln v}} \quad (2.8)$$

$$Yr = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{L \cdot Tr}\right)\right\} \quad (2.9)$$

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \sigma(Yr - c + e \ln v)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \times \sigma_{Hs} \quad (2.11)$$

$$r = \frac{n(\sum Hsm \cdot Ym) - (\sum Hsm \cdot \sum Ym)}{n \cdot \sum Hsm^2 - (\sum Hsm)^2 \cdot \sqrt{n \cdot \sum Hsm^2 - (\sum Hsm)^2}} \quad (2.12)$$

2. Metode Weibull

Dengan Rumus:

$$p(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{Nt + 0,12 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.13)$$

$$Yr = \{-\ln(LT_r)\}^{\frac{1}{k}} \quad (2.14)$$

$$L = \frac{Nt}{k} \quad (2.15)$$

Dimana:

- $p(Hs \leq Hsm)$ = Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui
- Hsm = Tinggi gelombang urutan ke m
- m = Nomor urut tinggi gelombang signitifikan
- k = Koef. Untuk menghitung deviasi standar
- N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
- H_{sr} = Tinggi gelombang signitifikan dengan periode ulang
- T_r = Periode ulang (tahun)
- K = Panjang data (tahun)
- L = Rata-rata jumlah kejadian pertahun = $\frac{N_T}{K}$
- r = Koef. Korelasi

Tabel 2. 2 Koefisien Untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ϵ
Gumbell	0.64	9	0.93	0	1.33
Weibull (k=0,75)	1.65	11.4	-0.63	0	1.15
Weibull (k=1)	1.92	11.4	0	0.3	0.9
Weibull (k=1,4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72
Weibull (k=2,0)	2.24	11.4	1.34	0.5	0.54

2.1.6 Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah peristiwa berubah nya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman dasar laut. Gambar 2.9 merupakan gambaran sederhana terjadinya refraksi. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

Berikut persamaan- persamaan yang di pakai pada refraksi gelombang pada buku teknik pantai bambang triatmodjo 1999[27]:

Koefisien Refraksi:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\alpha}} \quad (2.16)$$

Dimana pada hukum snell berlaku apa bila di tinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang di tinjau, yaitu:

$$\sin \alpha = \left(\frac{c}{C_0} \right) \quad (2.17)$$

Dimana:

- K_r = Koefisien Refraksi
 α = Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau ($^\circ$)
 α_0 = Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai ($^\circ$)
 c = Kecepatan rambat gelombang (m/d)
 c_0 = Kecepatan rambat gelombang di laut dalam (m/d)

Koefisien Shoaling

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}} \quad (2.18)$$

Dimana:

- K_s = Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)
 L = Panjang Gelombang (m)
 L_0 = Panjang Gelombang di laut dalam (m)

Tinggi gelombang

Tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi gelombang dan pendangkalan (wave shoaling), diberikan oleh rumus:

$$H = K_s \times K_r \times H_0 \quad (2.19)$$

Dimana:

- H_0 = Tinggi gelombang laut dalam (m)
 K_s = Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)
 K_r = Koefisien Refraksi

2.1.7 Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah bentuk deformasi gelombang yang paling ekstrem. Gelombang menjalar pada ketinggian tertentu pecah dan melepaskan energi gelombang, apabila terhalang, energi tersebut menghantam penghalang dan energi dapat diminimalisir. Setelah pecah sisa energi tersebut masih dapat menimbulkan arus yang kemudian diterima oleh penghalang-penghalang di depannya.

Profil gelombang di laut dalam adalah sinusoidal, menuju laut dangkal puncak gelombang menjadi tajam dan lembah melandai, tinggi gelombang meningkat, sedangkan kecepatan dan panjang gelombang berangsur-angsur berkurang, pada kemiringan gelombang tertentu kecepatan partikel air di puncak gelombang lebih besar dari cepat rambat gelombang dan akhirnya pecah. Kedalaman air dan atau kecuraman gelombang masing-masing Akan membatasi tinggi gelombang maksimum yang terjadi (Febri dkk. 2015).

Dalam menentukan tinggi gelombang pecah (H_b) digunakan grafik penentuan tinggi gelombang pecah, dimana grafik tersebut menunjukkan hubungan antara H_b/H'_0 dan H_0/L'_0 untuk berbagai kemiringan dasar laut. Sedangkan, dalam menentukan kedalaman gelombang pecah (d_b) digunakan grafik penentuan kedalaman gelombang pecah, grafik ini menunjukkan hubungan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 .

Selain menggunakan grafik, tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (d_b) juga dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \quad (2.20)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.21)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.22)$$

Dimana:

H_b	: Tinggi gelombang pecah (m)
d_b	: Kedalaman air pada saat gelombang pecah (m)
m	: Kemiringan dasar laut
g	: Percepatan gravitasi
T	: Periode gelombang

2.1.8 Arus

Arus adalah gerakan mengalir suatu Massa air yang di sebabkan oleh tiupan angin, perbedaan densitas, atau pergerakan panjang gelombang. Sementara itu menurut Gross (1990), mendefinisikan Arus laut merupakan proses pergerakan Massa air laut dari wilayah yang berbeda secara kontinu atau terjadi secara terus-menerus. *Pond* dan *Pickard* (1983)[28] melakukan analisis lanjut mengenai pergerakan Massa air laut, mereka menyatakan bahwa arus laut (*ocean current*) adalah proses gerakan masa air laut menuju kesetimbangan hidrostatis yang menyebabkan perpindahan horizontal dan vertikal Massa air.

Arus laut (*sea current*) dapat pula diartikan sebagai gerakan Massa air laut dari satu tempat ke tempat lain baik secara vertikal (gerak ke atas) maupun secara horizontal (gerakan ke samping). Contoh-contoh gerakan itu seperti Gaya coriolis, yaitu Gaya yang membelok arah arus dari tenaga rotasi bumi. Pembelokan itu akan mengarah ke kanan di belahan bumi utara dan mengarah ke kiri di belahan bumi selatan. Gaya ini yang mengakibatkan adanya aliran yang searah jarum jam (ke kanan) pada belahan bumi utara dan berlawanan dengan arah jarum jam di belahan bumi selatan. Perubahan arah arus dari pengaruh angin ke pengaruh Gaya coriolis dikenal dengan spiral Ekman (Pustekom, 2005).

2.1.9 Sedimentasi

Sedimen adalah partikel organik dan anorganik yang terakumulasi secara bebas (Duxbury et al, 1991). Sedimen biasanya mengendap dibawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, waduk. Sedangkan endapan sedimen adalah akumulasi mineral dan fragmen batuan dari daratan yang bercampur dengan tulang–tulang organisme laut dan beberapa partikel yang terbentuk melalui proses kimiawi yang terjadi di dalam laut.

Permasalahan di atas sering kali menimbulkan kesulitan dan kerugian bagi masyarakat dan pemerintah seperti: menimbulkan banjir, terganggunya Alur Pelayaran kapal, pendangkalan sungai ini umumnya terjadi di saat musim kemarau dimana debit sungai kecil, pada saat tersebut daya dorong aliran dari sungai tidak mampu lagi untuk mengangkut sedimen di muara. Sedimentasi dapat berupa beban bilas (*wash load*), beban layang (*suspended load*), dan beban dasar (*bed load*).

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat Massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi dan sebagainya.

Menurut mekanisme pengangkutan angkutan sedimen dibedakan menjadi:

1. Muatan sedimen melayang (*suspended load*)

Muatan sedimen melayang merupakan material dasar sungai yang melayang di dalam aliran sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran maka butiran-butiran pasir halus maka senantiasa mengambang di atas sungai. Jika aliran sungai laminar maka konsentrasi sedimen akan berkurang dan akhirnya mengendap.

2. Muatan sedimen dasar (*bed load*)

Muatan sedimen merupakan partikel kasar yang bergerak pada dasar sungai secara keseluruhan. Gerakan ini kadang-kadang meliputi lapisan dasar ditandai bercampurnya butiran partikel bersama-sama bergerak ke arah hilir.

Pengendapan sedimen tergantung kepada medium angkut, dimana apabila kecepatan berkurang medium tersebut tidak mampu mengangkut sedimen sehingga terjadi penumpukan. Adanya sedimen kerikil menunjukkan bahwa arus dan gelombang pada daerah itu relatif kuat sehingga sedimen kerikil umumnya ditemukan pada daerah terbuka, sedangkan sedimen lumpur terjadi karena arus

dan gelombang benar-benar tenang dan dijumpai pada daerah dimana arus dan gelombang terhalang oleh pulau (Ompi *et al*, 1990).

Penyebaran sedimen pada tiap-tiap tempat tidak sama dan tidak merata tergantung pada kondisi yang mempengaruhinya seperti arus, gelombang, pasang surut serta jenis dan komposisi sedimen (Komar, 1982). Sedimentasi sangat erat hubungannya dengan pendangkalan, dan merupakan proses yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

2.2 Penelitian Relevan

Penelitian tentang mangrove sekarang telah berfokus pada kemampuan analisis gelombang. Melihat kembali hasil penelitian relevan yang telah dilakukan adalah sesuatu yang penting dilakukan, dimana sebagai rujukan dalam penelitian. Adapun penelitian relevan tersebut adalah: Akbar. A. A., dkk (2017) mengungkap bahwa peran *breakwaters* pada pesisir pantai dan hutan mangrove menunjukkan bahwa pemecah gelombang yang dibangun di Teluk Karimunting dan Teluk Penibung berhasil mengurangi jumlah erosi pantai hingga 70% dalam waktu 22 tahun. Namun sebaliknya pemecah gelombang yang di bangun di Teluk Sungai Duri tidak mampu mengurangi erosi pantai.

Hasil lain dari penelitian Dinilhuda, dkk (2020) mengenai *Potentials of mangrove ecosystem as storage of carbon for global warming mitigation* mengungkap bahwa mangrove dapat menyimpan karbon lebih banyak dari hampir semua ekosistem di bumi. Hampir 40% dari biomassa pohon adalah karbon, dimana melalui proses fotosintesis dapat menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat).

Penelitian Karminarsih, E (2007) mengungkap bahwa manfaat mangrove dalam meminimalisir dampak bencana di wilayah pesisir membuktikan bahwa hutan mangrove dengan kondisi perakaran, tingginya tajuk, dan kerapatan batang per hektar dapat digunakan sebagai penyanggah wilayah pesisir untuk mengurangi kekuatan dan kemampuan merusak tsunami, sehingga dampaknya dapat dikurangi. Pembangunan jalur hijau mangrove memberikan keuntungan tidak

hanya sebagai peredam tsunami, tetapi sangat bermanfaat baik secara ekologis, social, maupun ekonomi bagi masyarakat pesisir secara berkelanjutan.

Sejalan dengan penelitian karminarsih, penelitian yang dilakukan Kristiyanto,dkk (2013) mengenai kemampuan hutan mangrove rumpun *Rhizophora sp* dan *Avicennia sp* dalam meredam gelombang laut mengungkap bahwa pada rumpun *Rhizophora sp* dengan tingkat porositas sebesar 0,9828 memiliki kemampuan meredam gelombang laut sebesar 57,73% sedangkan pada rumpun *Avicennia sp* dengan tingkat porositas 0,9441 menghasilkan redaman gelombang laut sebesar 39,60%.

Lekatompessy dan Tutuhatunewa (2010) mengkaji tentang konstruksi model peredam gelombang dengan menggunakan mangrove mengungkap bahwa struktur mangrove cenderung mereduksi refleksi gelombang (mengurangi pantulan gelombang) pada pengujian periode gelombang pendek terhadap tinggi gelombang yang besar pada tiap-tiap percobaan. Semakin besar kerapatan dan ketebalan mangrove Akan semakin mereduksi nilai koefisien refleksi gelombang (Kr). Sehingga, pelestarian terhadap hutan mangrove mampu mengurangi abrasi yang terjadi.

Penelitian Onrizal (2005) mengungkap bahwa peranan hutan mangrove dan hutan pantai dalam melindungi pantai dari tsunami merekomendasikan bahwa *Rhizophora apiculaw* adalah spesies prioritas pertama yang digunakan untuk rehabilitasi mangrove di pulau Nias. Hutan mangrove mengurangi dampak tsunami melalui dua cara, yaitu 1) kecepatan air berkurang karena gesekan dengan hutan mangrove yang lebat, dan 2) volume air dari gelombang tsunami yang sampai ke daratan menjadi sedikit karena air tersebar ke banyak saluran (kanal) yang terdapat di ekosistem mangrove (Lembaga penelitian MSSRF, 2005).

Penelitian Taofiqurohman (2014) mengenai Pemodelan tinggi gelombang akibat keberadaan hutan mangrove menunjukkan bahwa hutan mangrove dapat mengurangi tinggi gelombang dari 1,7 m menjadi 0,1m. Jika tidak terdapat hutan

mangrove, Pemodelan memprediksi gelombang dapat mencapai hingga 1,6 km dari tepi pantai.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan di atas, terdapat perbedaan penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Perbedaan penelitian ini terletak pada objek penelitian, pada penelitian ini objek penelitian yang di bahas adalah Kemampuan Hutan Mangrove dalam meredam gelombang di pesisir.