Potensi VEGETASI MANGROVE

dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

Buku Potensi Struktur Vegetasi Mangrove dan Nilai Serapan Biomassa Karbon ini terdiri dari lima bab. Buku ini disusun berdasarkan kajian dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh tim penulis sebelumnya dan dikonversi ke dalam bentuk buku. Selain itu, pembahasan di dalam buku ini menjadi semakin menarik karena ditambah dengan pengalaman tim penulis dalam aktivitas ekplorasi dan pelestarian kawasan pesisir, khususnya yang terdapat di wilayah Gorontalo maupun wilayah regional Teluk Tomini.

Buku ini dapat dibaca oleh kalangan umum maupun akademik, khususnya bagi mahasiswa karena buku ini dapat menjadi suplemen dalam mempelajari dan memahami konsep-konsep dasar tentang ekologi pesisir. Selain itu, buku ini dapat menjadi sumber referensi dalam mata kuliah pada program studi di perguruan tinggi, di antaranya biologi, ilmu lingkungan, ilmu kelautan, dan beberapa program studi lainnya yang relevan dengan bidang ekologi pesisir.





Alamat: Jl. Pangeran Hidayat No. 110 Kota Gorontalo Surel: infoideaspublishing@gmail.com www.ideaspublishing.co.id



Abubakar Sidik Katili Hartono D. Mamu Ilyas H. Husain



Potensi Struktur VEGETASI MANGROVE

dan Nilai Serapan Biomassa Karbon





POTENSI STRUKTUR VEGETASI MANGROVE DAN NILAI SERAPAN BIOMASSA KARBON

Potensi Struktur Vegetasi Mangrove dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Tentang Hak Cipta

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau
- pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

 (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun

dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

(4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Abubakar Sidik Katili Hartono D. Mamu Ilyas H Husain

Potensi Struktur Vegetasi Mangrove dan Nilai Serapan Biomassa Karbon



IP.44.07.2020

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

Abubakar Sidik Katili Hartono D. Mamu Ilyas H. Husain

Pertama kali diterbitkan pada Juli 2020 Oleh **Ideas Publishing**

Alamat: Jalan Ir. Joesoef Dalie No. 110 Kota

Gorontalo

Surel: infoideaspublishing@gmail.com

Anggota IKAPI, No. 0001/ikapi/gtlo/II/14

ISBN: 978-623-234-091-6

Penyunting : Mira Mirnawati

Penata Letak: Nur Fitri Yanuar Misilu

Sampul : Ilham Djafar

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Daftar İsi

Dafta	ar isi	v
Praka	ata	vii
BAB 1	Ĭ	
	: istem <i>Mangrove</i>	1
A.	=	
11.	dan Struktur Hutan	2
В.		
	Faktor Lingkungan yang Memengaruhi	
	Ekosistem <i>Mangrove</i>	10
D.	. Keterkaitan Faktor Lingkungan Fisik	
	dengan Kondisi Vegetasi	16
E.		
	terhadap Keragaman Hutan	20
BAB 1	II	
Siste	m Vegetasi <i>Mangrove</i>	23
	Morfologi Mangrove	
	Jenis-Jenis Hutan <i>Mangrove</i>	
	Manfaat Hutan Mangrove	
	Parameter dalam Analisis Komunitas	
BAB I	111	
	Serapan Karbon Mangrove	
	esa Tabongo Kecamatan Dulupi	
	ıpaten Boalemo	45
A.	. Kondisi Hutan <i>Mangrove</i>	
	di Kabupaten Boalemo	47
В.	σ	
	di Kecamatan Dulupi	48
C.	Pendugaan Nilai Biomassa Karbon	

	Mangrove di Desa Tabongo Boalemo52
D.	Pendugaan Nilai Kandungan Karbon
	Mangrove di Desa Tabongo Boalemo55
E	Pendugaan Nilai Serapan Karbon
	Mangrove di Desa Tabongo Boalemo56
	mangrove at Desa Taboligo Doutemo
ВАВ Г	V
Perhi	tungan Serapan Karbon61
	Teknik Menghitung Biomassa61
	Estimasi Biomassa Hutan65
	Desain Sampling dan Prosedur
	Pelaksanaan Penelitian Biomassa
	dan Karbon69
D.	Komponen Vegetasi Lainnya75
	Bahan Organik Mati76
_,	
BAB V	7
Tingk	at Degradasi Ekosistem <i>Mangrove</i> di Desa
	ngo Kabupaten Boalemo85
	Tingkat Degradasi <i>Mangrove</i> di Desa Tabongo
	berdasarkan Kerapatan Spesies86
B.	Tingkat Degradasi <i>Mangrove</i> di Desa Tabongo
	berdasarkan Luas Tutupan
Dafta	r Pustaka93
	rium99
	ng Penulis103

Prakata

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas rahmat-Nya yang telah tercurah. Atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan pengembangan buku ajar ekologi pesisir dengan judul Potensi Struktur Vegetasi Mangrove dan Nilai Serapan Biomassa Karbon.

Adapun tujuan dari disusunnya buku ini adalah sebagai suplemen bagi para mahasiswa dalam mempelajari dan memahami konsep-konsep dasar menyangkut ekologi pesisir. Tidak lain juga merupakan salah satu mata kuliah pada program studi diperguruan tinggi, di antaranya Biologi, Ilmu Lingkungan, Ilmu Kelautan, dan beberapa program studi lainnya yang relevan dengan bidang ekologi pesisir.

Buku ini disusun berdasarkan kajian dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh tim penulis sebelumnya serta ditambah dengan pengalaman tim penulis dalam aktivitas ekplorasi dan pelestarian kawasan pesisir khususnya yang terdapat di wilayah Gorontalo maupun wilayah regional Teluk Tomini.

Terbitnya buku ini berkat kerja sama antara tim penulis dalam menyiapkan berbagai kajian hasil penelitian. Hasil penelitian yang menjadi rujukan dalam penulisan buku ini didukung oleh pendanaan dari Universitas Negeri Gorontalo melalui PNBP Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM). Untuk itu, tim penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Gorontalo dan Ketua Lembaga Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UNG. Tersusunnya buku ini juga didukung oleh dosen pada Jurusan Biologi Universitas Negeri Gorontalo dan Tenaga Ahli pada Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal (PKEPKL) UNG. Terima kasih pula disampaikan kepada keluarga, sahabat, rekan-rekan tim penulis, serta pihak-pihak lainnya yang telah membantu secara moral dan material dalam tersusunnya buku ini.

Buku ini merupakan salah salah tahap awal dalam meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam bidang ekologi pesisir. Buku ini juga merupakan upaya penulis dalam pembelajaran ekologi pesisir yang konstekstual. Oleh karena itu, tim penulis mengharapkan saran dan pendapat dalam memperkuat dan memperdalam buku ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua dan senantiasa memberikan kesempatan dalam mengamalkan ilmu dan pengetahuan bagi bangsa dan negara. Amin.

Gorontalo, Juni 2020

Penulis



Ekosistem Mangrove

Mangrove berasal dari dua bahasa, yaitu mangue (Portugis) dan grove (Inggris). Mangrove dalam bahasa Inggris digunakan baik untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah jangkauan pasang surut maupun untuk individu-individu spesies tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut. Dalam bahasa Portugis, mangrove digunakan untuk menyatakan individu spesies tumbuhan dan kata mangal untuk menyatakan komunitas tumbuhan tersebut (MacNae, 1968 dalam Kusmana 2011).

Kelompok jenis tumbuhan yang tumbuh di sepanjang garis pantai tropis sampai subtropis yang memiliki fungsi istimewa di suatu lingkungan yang mengandung garam dan bentuk lahan berupa pantai dengan reaksi tanah anaerob disebut hutan *mangrove*. Hutan *mangrove* dikenal juga dengan istilah *tidal*

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

forest, coastal woodland, vloedbosschen, dan hutan payau (Kusmana 2011). Hutan mangrove adalah tumbuhan halofit (tumbuhan yang hidup pada tempat-tempat berkadar garam tinggi atau bersifat alkalin). Tumbuhan ini hidup di sepanjang areal pantai yang dipengaruhi pasang tertinggi sampai daerah mendekati ketinggian rata-rata air laut yang tumbuh di daerah tropis dan subtropis (Aksornkoae, 1993).

Ekosistem *mangrove* merupakan ekosistem khas di wilayah pesisir. Ekosistem ini adalah tempat berlangsungnya hubungan timbal balik antara komponen abiotik seperti senyawa anorganik, organik dan iklim (pasang surut, salinitas, dan lainlain) dengan komponen abiotik seperti produsen (vegetasi, plankton), konsumen makro (serangga, ikan, burung, buaya, dan lain-lain).

Mangrove sebagai suatu ekosistem memiliki enam fungsi utama, yaitu (1) fungsi aliran energi; (2) fungsi aliran makanan; (3) fungsi pola keragaman jenis; (4) fungsi siklus nutrien (biogeokimia); (5) fungsi evolusi dan perkembangan; dan (6) fungsi pengendalian (*cybernetics*).

FAO (2007) menyatakan bahwa luas hutan *mangrove* di dunia pada tahun 2005 diperkirakan seluas 15,2 juta ha yang tersebar di seluruh pantai tropik dan subtropik. Indonesia merupakan negara yang memiliki luas *mangrove* terluas di tingkat dunia, yaitu seluas 19%. Luas hutan *mangrove* di Indonesia mencapai 3.244.018,64 ha (Saputro, 2009).



A. Keragaman Komposisi Jenis " dan Struktur Hutan

Keragaman hutan (forest performance) dapat dijelaskan melalui gambaran komposisi jenis dan struktur hutan. Richard (1966), Mueller-Dombois dan Ellenberg (1974), menggunakan kata komposisi untuk menjelaskan floristik hutan yang kaya. Komposisi jenis dapat dibedakan antara populasi (satu jenis) dan komunitas (beberapa jenis) (Soerianegara dan Kusmana, 1993).

Struktur dan komposisi vegetasi merupakan cerminan dari interaksi satu komunitas. Komposisi masyarakat tumbuhan dapat diartikan sebagai variasi jenis flora yang menyusun satu komunitas. Daftar floristik dari jenis tumbuhan yang ada dalam satu komunitas merupakan komposisi jenis tumbuhan (Misra, 1980). Richard (1966) menggunakan istilah komposisi jenis untuk menyatakan keberadaan jenisjenis pohon dalam hutan.

Struktur hutan berbentuk susunan (*life form*) dari suatu vegetasi yang merupakan karakteristik yang kompleks. Struktur ini dapat digunakan untuk menentukan stratifikasi (vertikal dan horizontal) dan merupakan dasar untuk melihat jenis-jenis dominan, kodominan, dan tertekan (Richard 1966). Struktur vertikal sangat berguna. Hal ini berkaitan dengan kebutuhan cahaya, yaitu toleransi satu jenis vegetasi terhadap cahaya matahari (Smith 1977). Struktur hutan merupakan hasil penataan ruang oleh komponen penyusun tegakan dan bentuk hidup,

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

stratifikasi dan penutupan vegetasi yang digambarkan melalui kelas diameter, tinggi, penyebaran dalam ruang, keanekaragaman, tajuk, serta kesinambungan jenis.

Dalam studi ekologi hutan, struktur hutan terdiri atas lima tingkatan, yaitu fisiognomi vegetasi, struktur biomassa, struktur bentuk hidup (*life form*), struktur floristik, dan struktur tegakan (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Struktur vegetasi terdiri atas tiga komponen utama (Kershaw 1964 dalam Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) antara lain sebagai berikut.

- 1. Struktur vertikal misalnya stratifikasi tajuk.
- 2. Struktur horizontal misalnya penyebaran jenis dalam suatu populasi.
- 3. Struktur kuantitatif misalnya kepadatan setiap jenis dalam suatu komunitas.

menjadi penyebab Persaingan terjadinya stratifikasi dalam satu tumbuh-tumbuhan di hutan. Persaingan ini ditunjukkan oleh jenis-jenis tertentu yang mendominasi dibanding dengan jenis yang lain. Pohon-pohon tinggi dalam lapisan paling atas menguasai pohon-pohon yang berada di bawahnya (Soerianegara dan Kusmana, 1993). Stratifikasi merupakan susunan tetumbuhan secara vertikal dalam suatu komunitas tumbuhan pada ekosistem tertentu. Indriyanto (2008) menjelaskan stratifikasi terjadi karena dua hal penting yaitu sebagai akibat persaingan antara tumbuhan dan



sebagai akibat sifat toleransi pohon-pohon tertentu. Soerianegara dan Kusmana (1993) menyatakan bahwa stratifikasi dalam hutan tropis adalah sebagai berikut.

1. Stratum A

Lapisan teratur, terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi total lebih dari 30 meter, biasanya tajuk diskontinu, batang pohon tinggi dan lurus dengan batang bebas cabang tinggi

2. Stratum B

Terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi antara 20 meter sampai 30 meter, tajuk umumnya kontinu

3. Stratum C

Pohon dengan tinggi 4 sampai dengan 20 meter, tajuk kontinu, pohon rendah dan banyak cabangnya.

4. Startum D

Tumbuhan penutup tanah (*ground cover*), perdu dan semak yang memiliki tinggi 1 sampai dengan 4 meter.

5. Stratum E

Tumbuhan penutup tanah (*ground cover*) dengan tinggi 0 sampai dengan 1 meter. Dikatakan pula bahwa tidak semua hutan tropika memiliki ketiga strata tersebut di atas.



B. Struktur dan Zonasi Mangrove

Hampir semua jenis *mangrove* merupakan tumbuhan *dicotyledoneae*, kecuali tumbuhan bawah seperti *Acrostichium aerum* dan *A. speciosum*, serta palem-paleman seperti *Nypa fruticans* (Sukardjo, 1984). Oleh karena itu, hutan *mangrove* terdiri atas pohon dan permudaannya (pancang dan semai), semak belukar, palem-paleman, tumbuhan bawah, maupun epifit, yang mempunyai kemampuan hidup dalam air salin.

Zonasi di hutan mangrove tergantung kepada keadaan tumbuhnya. Zonasi mangrove merupakan terhadap perubahan tanggapan dan lamanya penggenangan, salinitas tanah, tersedianya sinar matahari, aliran pasang surut dan air tawar. Tahapan eksekusi yang terjadi sejalan dengan perubahan tempat tumbuh digambarkan melalui zonasi. Akibat laju pengendapan atau pengikisan, maka tempat tumbuh hutan mangrove selalu berubah. Setiap jenis tumbuhan mangrove memiliki daya adaptasi terhadap keadaan tempat tumbuh. Kondisi ini akan menentukan komposisi jenis tiap spesies.

Beberapa faktor penting seperti keterbukaan terhadap hempasan gelombang, kondisi jenis tanah (lumpur, pasir, gambut), pengaruh pasang surut, dan salinitas merupakan penentu zona vegetasi *mangrove*. Menurut Bengen (2002), berikut ini adalah zonasi hutan *mangrove*.

6 A

- 1. Sonneratia spp. yang dominan tumbuh pada lumpur dalam (lumpur dalam kaya bahan organik) berasosiasi pada zona ini. Daerah ini adalah daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat berpasir, dan sering ditumbuhi Avicennia spp.
- 2. *Rhizophora* spp. umumnya mendominasi di hutan *mangrove*. Zona ini lebih ke arah darat. Di zona ini juga dijumpai *Bruguiera* spp. dan *Xylocarpus* spp.
- 3. Zona berikutnya didominasi oleh Bruguiera spp.
- 4. Zona transisi antara hutan *mangrove* dengan hutan dataran rendah biasanya ditumbuhi oleh *N. fruticans* dan beberapa spesies lainnya.

Adapun zona vegetasi *mangrove* yang berkaitan dengan pasang surut terdiri dari beberapa areal berikut ini.

- Areal yang Selalu Digenangi
 Areal ini selalu digenangi walaupun saat pasang rendah. Avicennia spp. atau Sonneratia spp. mendominasi areal ini.
- 2. Areal yang Digenangi oleh Pasang Sedang Areal ini digenangi oleh pasang sedang. Jenisjenis *Rhizophora* spp. mendominasi areal ini.
- 3. Areal yang Digenangi Hanya Saat Pasang Tinggi Areal ini digenangi hanya saat pasang tinggi. Letak areal ini lebih ke daratan. Jenis *Bruguiera* spp. dan *Xylocarpus* spp. umumnya mendominasi areal ini.

4. Areal yang Digenangi Hanya pada Saat Pasang Tertinggi

Pasang tertinggi biasanya terjadi hanya beberapa hari dalam sebulan. *Bruguiera* sexangula dan *Lumnitzera littorea* umumnya mendominasi areal ini.

Berdasarkan jenis vegetasi yang dominan, mulai dari arah laut ke darat, hutan *mangrove* dapat dibagi menjadi beberapa zonasi. Berikut ini pembagiannya.

1. Zona Avicennia

berada Zona ini di paling luar berhadapan langsung dengan laut. Umumnya, zona ini memiliki substrat lumpur lembek dan kadar salinitas tinggi. Zona Avicennia ini adalah zona *pioneer*. Hal ini disebabkan jenis tumbuhan yang tumbuh di zona ini mempunyai akar yang sehingga mampu menahan terjangan kuat gelombang, serta membantu proses penimbunan sedimen.

2. Zona Rhizophora

Zona ini berada di belakang zona Avicennia. Kadar salinitas agak rendah pada zona ini, walaupun substratnya masih berupa lumpur lunak. Pada saat air pasang, mangrove yang tumbuh pada zona ini masih tergenang.

3. Zona Bruguiera

Zona ini berada di belakang zona *Rhizophora*, tetapi substrat tanahnya berlumpur keras, berbeda dengan tanah yang berada pada zona



Rhizopora. Pada saat air pasang tertinggi yang terjadi dua kali dalam sebulan, zona ini terendam.

4. Zona Nypa

Zona ini berada di paling belakang dan berbatasan dengan daratan. Meskipun kelihatannya terdapat zonasi dalam vegetasi mangrove, tetapi faktanya tidak demikian. Fakta di lapangan, seringkali struktur dan korelasinya yang nampak di suatu daerah tidak selalu dapat diaplikasikan di daerah yang lain. Oleh karena itu, banyak formasi serta zonasi vegetasi yang tumpang tindih dan bercampur.

Hutan mangrove memiliki sifat kompleks dan dinamis, tetapi labil. Bersifat kompleks, artinya karena di dalam hutan dan perairan sekitarnya merupakan habitat berbagai jenis satwa darat dan air, sedangkan maksudnya dinamis adalah karena hutan mangrove dapat terus berkembang serta mengalami suksesi dan perubahan zonasi sesuai dengan perubahan tempat tumbuhnya. Sifat labil pada hutan mangrove artinya karena ekosistemnya dapat rusak dan sulit untuk pulih kembali. Proses pemulihan kembali ekosistem mangrove membutuhkan waktu yang sangat lama. Rotasi dan siklus kerja hutan mangrove berlangsung sekitar 30 tahun untuk dapat dimanfaatkan kembali (Haron dalam Aksornkoae 1993).

C. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi **Ekosistem** Mangrove

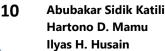
Ekosistem mangrove dapat berkembang di dua tempat. Pertama, pantai berlumpur dengan air yang tenang. Kedua. tempat yang eksistensinya bergantung pada adanya aliran air tawar dan air laut dan terlindung dari pengaruh ombak yang besar. Umumnya, mangrove adalah vegetasi yang agak seragam, selalu berwarna hijau dan berkembang dengan baik di daerah berlumpur yang berada dalam jangkauan peristiwa pasang surut (Samingan, 1971 dalam Ghufrona, 2015).

Komposisi mangrove mempunyai batas yang khas dan tersebut berhubungan batas atau disebabkan oleh efek selektif dari: (a) tanah, (b) salinitas, (c) jumlah hari atau lamanya penggenangan, (d) dalamnya penggenangan, serta (e) kerasnya arus pasang surut.

Faktor lingkungan (fisik, kimia, dan biologis) yang sangat kompleks memengaruhi pertumbuhan vegetasi mangrove. Berikut ini faktor lingkungan yang dapat memengaruhi pertumbuhan vegetasi *mangrove*.

1. Salinitas Air Tanah

Berperan sebagai faktor penentu dalam dan pertumbuhan, pengaturan serta keberlangsungan kehidupan. Oleh karena itu, salinitas air tanah memiliki peranan penting. Salinitas air tanah dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti genangan pasang, topografi,



curah hujan, masukan air tawar dan sungai, *run-off* daratan dan evaporasi.

Faktor lingkungan yang sangat menentukan perkembangan hutan *mangrove* adalah salinitas. Hal ini terutama bagi laju pertumbuhan, daya tahan, dan zonasi spesies *mangrove* (Aksorkoae, 1993). Toleransi setiap jenis tumbuhan *mangrove* terhadap salinitas berbeda-beda. Batas ambang toleransi tumbuhan *mangrove* diperkirakan 36 ppm (MacNae, 1968 dalam Kusmana, 2011).

Aksornkoae (1993) mencatat bahwa tumbuhan yang memiliki toleransi yang tinggi terhadap garam dan *Bruguiera gymnorhiza* adalah *Avicennia* spp. Tumbuhan ini ditemukan pada daerah dengan salinitas 10-20 ppm. Di Australia, *Avicennia marina* dapat tumbuh dengan tingkat salinitas maksimum 85 ppm, sedangkan *Bruguiera* spp. dapat tumbuh dengan salinitas tidak lebih dari 37 ppm (Wells dalam Aksornkoae, 1993).

2. Tanah di Hutan Mangrove

Ciri-cirinya yaitu selalu basah, mengandung garam, sedikit oksigen, berbentuk butir-butir dan kaya dengan bahan organik (Soeroyo, 1993). Tanah ini terbentuk dari penambahan dari sedimen-sedimen yang berasal dari sungai, pantai atau erosi yang terbawa dari dataran tinggi sepanjang sungai atau kanal (Aksornkoae, 1993). Tanah yang berasal dari hasil akumulasi

dan sedimentasi bahan-bahan koloid dan partikel memiliki kekhususan sendiri-sendiri. Hal ini tergantung pada sifat dasarnya. Sedimen asalnya dari sungai berupa tanah berlumpur, sedangkan sedimen yang berasal dari pantai berupa pasir. Tanah *mangrove* umumnya kaya akan bahan organik dan mempunyai nilai nitrogen yang tinggi, kesuburannya bergantung pada bahan alluvial yang terendap (Kusmana, 2011).

Berikut ini adalah beberapa faktor yang memengaruhi pembentukan tanah *mangrove*.

a. Fisik

Berupa alat angkut nutrien melalui gelombang, aliran laut, arus pasang, dan aliran sungai.

b. Fisik-Kimia

Berupa penggabungan beberapa partikel oleh penggumpalan dan pengendapan.

c. Biotik

Berupa perombakan dan produksi senyawasenyawa organik.

3. Suhu

Pada proses fisiologi tumbuhan seperti respirasi dan fotosintesis, suhu adalah faktor penting (Aksornkoae, 1993). Suhu rata-rata di daerah tropis diperkirakan merupakan habitat terbaik bagi tumbuhan *mangrove*.



Untuk bertahan terhadap kegiatan fisiologisnya, mikroorganisme mempunyai batasan suhu tertentu. Respons bakteri terhadap suhu berbeda-beda, umumnya memiliki suhu optimum 27–36°C. Oleh karena itu, suhu perairan berpengaruh terhadap penguraian daun *mangrove* dengan asumsi bahwa serasah daun *mangrove* sebagai dasar metabolisme.

Hutching dan Saenger (1987) dalam Suryani dkk., (2018) menyatakan bahwa *Avicennia marina* yang ada di Australia memproduksi daun baru pada suhu 18–20°C. Jika suhunya lebih tinggi, maka laju produksi daun baru akan lebih rendah. Selain itu, laju tertinggi produksi dari daun *Rhizopora* spp., *Ceriops* spp., *Exocoecaria* spp., dan *Lumnitzera* spp. adalah pada suhu 26–28°C. Adapun laju tertinggi produksi daun *Bruguiera* spp. adalah 27°C.

4. Curah hujan

Faktor penting yang mengatur perkembangan dan penyebaran tumbuhan adalah jumlah, lama, dan distribusi curah hujan (Aksornkoae, 1993). Selain itu, faktor lingkungan lain, seperti suhu, udara, air berpengaruh terhadap curah hujan. Kelangsungan hidup spesies *mangrove* dipengaruhi oleh kadar garam air permukaan dan air tanah. Umumnya, *mangrove* cocok tumbuh dengan baik di daerah dengan curah hujan kisaran 1.500–3.000 mm/tahun. Namun,

mangrove dapat juga ditemukan di daerah dengan curah hujan 4.000 mm/tahun yang tersebar antara 8–10 bulan dalam satu tahun.

Tumbuhan *mangrove* dapat tumbuh dengan baik pada iklim tropika yang lembab dan panas tanpa ada pembagian musim tertentu. Hujan bulanan rata-rata sekitar 225–300 mm, serta suhu rata-rata maksimum pada siang hari mencapai 32°C dan suhu rata-rata malam hari mencapai 23°C.

5. Kecepatan Angin

Terjadinya erosi pantai dan perubahan sistem mangrove diakibatkan ekosistem kecepatan angin. Aksi gelombang dan arus menciptakan angin yang berpengaruh terhadap ekosistem mangrove. Angin sebagai agen polinasi dan desiminasi biji, serta meningkatkan Pertumbuhan evapotranspirasi. mangrove angin yang terhambat karena kuat menyebabkan karakteristik fisiologis menjadi tidak normal. Angin juga berpengaruh terhadap jatuhan serasah mangrove. Angin yang tinggi mengakibatkan besarnya produksi serasah.

6. Derajat Kemasaman (pH)

Keseimbangan antara asam dan basa dalam air dapat dilihat dari Nilai pH suatu perairan. Beberapa faktor yang memengaruhi nilai pH perairan antara lain: aktivitas fotosintesis, aktivitas biologi, temperatur, kandungan



oksigen, dan adanya kation serta anion dalam perairan (Aksornkoae & Wattavakorn dalam Aksornkoae, 1993). Nilai pH hutan mangrove antara 8,0-9,0 (Welch dalam Winarno 1996). mendukung organisme pengurai Untuk menguraikan bahan-bahan organik yang jatuh di daerah mangrove dibutuhkan nilai pH yang tinggi. Tanah mangrove yang bernilai pH tinggi, secara nisbi mempunyai karbon organik yang kurang lebih sama dengan profil tanah yang dimilikinya (Winarno, 1996). Air laut sebagai media yang memiliki kemampuan sebagai larutan penyangga dapat mencegah perubahan nilai pH yang ekstrim. Perubahan nilai pH sedikit saja akan memberikan petunjuk terganggunya sistem penyangga.

7. Zat hara

Hara merupakan faktor penting dalam memelihara keseimbangan ekosistem *mangrove* (Aksornkoae, 1993). Hara dalam ekosistem *mangrove* dibagi menjadi dua kelompok.

a. Hara anorganik

Hara anorganik penting untuk kelangsungan hidup organisme *mangrove*. Hara ini terdiri atas N, P, K, Mg, Ca, dan Na. Sumber utama hara anorganik adalah curah hujan, limpasan sungai, endapan, air laut, dan bahan organik yang terurai di *mangrove*.

b. Detritus Organik

Merupakan bahan organik yang berasal dari bioorganik yang melalui beberapa tahap proses mikrobial. Ada dua sumber utama detritus organik, yaitu sebagai berikut.

- fitoplankton, 1) Autochtonous, seperti diatom, bakteri, jamur, algae pada pohon atau akar dan tumbuhan lain di hutan mangrove;
- 2) Allochtonous, seperti partikel-partikel dari aliran sungai, partikel tanah dari erosi darat, tanaman, dan hewan yang mati di daerah pesisir atau laut.

D. Keterkaitan Faktor Lingkungan Fisik dengan Kondisi Vegetasi

Eni dkk. (2011) melaporkan bahwa vegetasi dan tanah saling berkaitan satu dengan lainnya. Vegetasi mendukung fungsi ekosistem dalam skala spasial. sangat memengaruhi karakter termasuk volume tanah, kimia tanah maupun tekstur, karakter tersebut memberikan timbal balik terhadap karakteristik kerapatan, potensi, serta keanekaragaman vegetasi, seperti produktivitas, struktur, dan komposisi flora.

Keterkaitan faktor lingkungan fisik terhadap kondisi vegetasi dapat dianalisis dengan menerapkan utama/Principal analisis komponen Component Analysis (PCA). PCA merupakan salah satu teknik yang mentransformasikan secara linier satu set

Abubakar Sidik Katili 16 Hartono D. Mamu Ilyas H. Husain

peubah ke dalam peubah baru yang lebih sederhana dengan ukuran lebih kecil namun representatif dan orthogonal (tidak saling berkorelasi) (Saefulhakim, 2000). Menurut Soedibjo (2008), PCA adalah salah satu teknik analisis ordinasi untuk mencerminkan kemiripan komunitas secara biologi. Hubungan antara faktor lingkungan abiotik dengan biotik ditampilkan dalam bentuk diagram ordinasi, dengan sistem koordinat yang terbentuk dari aksis ordinasi. Diagram ordinasi PCA terdiri atas beberapa elemen seperti titik untuk menunjukkan jenis tumbuhan, lokasi, serta tanda panah (garis) menunjukkan variabel kuantitatif lingkungan.

Pada dasarnya, PCA dapat digunakan sebagai analisis antara maupun analisis akhir. Sebagai analisis antara, PCA dapat menghilangkan multikollinearitas atau dapat menyederhanakan data yang berpeubah banyak menjadi data yang berpeubah sedikit. Sebagai analisis dapat digunakan akhir, PCA mengelompokkan peubah-peubah penting dari satu bundel peubah dasar penduga suatu fenomena, sekaligus memahami struktur dan melihat hubungan antar peubah tersebut. Format data untuk analisis PCA dapat disusun membentuk suatu matriks yang berukuran *n* x p, di mana *n*: unit sample dan *p*: jumlah peubah (jumlah kolom). Persamaan umum PCA yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$Y_k = a_k x = a_{k1} X_1 + a_{k2} X_2 + ... + a_{kp} X_p$$

Di mana:

Yk = komponen utama (KU) ke-k

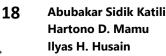
Ak = vektor ciri KU ke-k

= variable χ

Hasil analisis PCA terdiri atas sebagai berikut.

- 1. Akar ciri (eigen value) yang merupakan suatu yang menunjukkan keragaman nilai peubah komponen utama dihasilkan dari analisis, semakin besar nilai akar ciri maka semakin besar pula keragaman data awal yang mampu dijelaskan oleh data baru.
- 2. Proporsi (proportion) dan kumulatif (cumulative).
- 3. Nilai pembobot atau vektor ciri (eigen vector) merupakan parameter yang yang menggambarkan hubungan setiap peubah dengan komponen utama ke-i.
- 4. PC loading yang menggambarkan besarnya variabel pertama korelasi antar dengan komponen ke-i.
- 5. Component vaitu nilai score yang menggambarkan besarnya titik-titik data baru dari hasil komponen utama dan digunakan setelah PCA. Scores inilah yang digunakan jika terdapat analisis lanjutan setelah PCA.

Agar hasil PCA dapat bersifat deskriptif, maka dilakukan analisis biplot yang mampu menampilkan secara visual dua dimensi gugus objek dan variabel dalam satu grafik. Grafiknya berbentuk bidang datar. Penyajiannya berupa ciri-ciri variabel dan objek



pengamatan serta posisi yang relatif antara objek pengamatan dengan variabel sehingga dapat dianalisis. Analisis biplot menghasilkan Informasi yang meliputi objek dan variabel yang dapat menggambarkan beberapa hal sebagai berikut.

Kedekatan Antarobjek yang Diamati Kedekatan antarobjek yang diamati dapat dijadikan panduan untuk mengetahui objek yang memiliki kemiripan karakteristik dengan objek lain. Dua objek yang memiliki karakteristik sama akan digambarkan sebagai dua titik dengan posisi yang berdekatan.

2. Keragaman Variabel

Informasi ini digunakan untuk melihat apakah ada variabel yang mempunyai nilai keragaman yang hampir sama untuk setiap objek. Dengan diperolehnya informasi ini, dapat diprediksi pada variabel mana strategi tertentu harus ditingkatkan, begitu juga sebaliknya. Dalam biplot, variabel yang mempunyai nilai keragaman yang kecil digambarkan sebagai vektor pendek sedangkan variabel dengan nilai keragaman yang besar digambarkan sebagai vektor yang panjang.

3. Korelasi Antarvariabel

Hal ini dilakukan untuk mengetahui cara suatu variabel memengaruhi ataupun dipengaruhi variabel yang lain. Variabel akan digambarkan sebagai garis berarah pada analisis biplot. Ada tiga gambar yang akan dihasilkan. Pertama, jika dua variabel yang memiliki nilai korelasi positif, maka akan digambarkan sebagai dua buah garis dengan arah yang sama atau membentuk sudut sempit. Kedua, jika dua variabel yang memiliki nilai korelasi negatif, maka akan digambarkan dalam bentuk dua garis dengan arah yang berlawanan atau membentuk sudut lebar (tumpul). Ketiga, jika dua variabel yang tidak berkorelasi, maka akan digambarkan dalam bentuk dua garis dengan sudut yang mendekati 90° (siku-siku).

4. Nilai Variabel pada Suatu Objek

Informasi ini bertujuan untuk melihat keunggulan dari setiap objek. Jika posisi objek searah dengan arah vektor variabel, maka objek tersebut memiliki nilai di atas rata-rata. Namun, jika objek posisinya berlawanan dengan arah dari vektor variabel tersebut, maka objek tersebut mempunyai nilai di bawah rata-rata. Jika posisi objek berada hampir di tengahtengah, maka objek tersebut mempunyai nilai dekat dengan rata-rata.

E. Pengaruh Lingkungan Fisik terhadap Keragaman Hutan

Keragaman hutan, khususnya kerapatan individu tumbuhan dan potensi hutan, erat kaitannya dengan pertumbuhan suatu spesies yang tidak

terlepas dari adanya pengaruh faktor lingkungan fisik (abiotik).

Terdapat dua model analisis yang telah dilakukan. Pertama, analisis PCA. Analisis ini hanya dapat menjelaskan keterkaitan antarvariabel yaitu faktor lingkungan fisik dengan keragaman hutan. Analisis PCA tidak dapat menjelaskan pengaruh variabel dari faktor lingkungan fisik terhadap keragaman hutan.

Kedua, analisis dengan menggunakan metode analasis regresi *partial least square* (PLS). Analisis ini dapat menjelaskan penentuan pengaruh faktor lingkungan fisik terhadap keragaman hutan.

Analisis regresi PLS merupakan suatu teknik statistik multivariat yang bisa menangani banyak variabel respon dan variabel eksplanatori sekaligus (Abdi, 2003). Analisis regresi PLS merupakan alternatif yang baik untuk metode analisis regresi berganda dan regresi komponen utama karena metode analisis ini bersifat lebih *robust*. Artinya, parameter model tidak banyak berubah ketika sampel baru diambil dari total populasi (Geladi & Kowalski, 1986).

Analisis regresi PLS pertama kali dikembangkan pada tahun 1960-an oleh Herman O.A. Wold dalam bidang ekonometrik. Analisis regresi PLS merupakan suatu teknik prediktif yang bisa menangani banyak variabel independen, bahkan sekalipun terjadi multikolinieritas di antara variabel-variabel tersebut.

Analisis regresi berganda sebenarnya bisa digunakan ketika terdapat variabel prediktor yang banyak. Namun, jika jumlah variabel tersebut terlalu besar (misal lebih banyak dari jumlah observasi) akan diperoleh model yang fit dengan data sampel, tapi akan gagal memprediksi untuk data baru. Fenomena ini disebut overfitting. Dalam kasus seperti itu, meskipun terdapat banyak faktor manifes, mungkin saja hanya terdapat sedikit faktor laten yang paling bisa menjelaskan variasi dalam respon. Ide umum dari PLS adalah untuk mengekstrak faktor-faktor laten tersebut, yang menjelaskan sebanyak mungkin variasi faktor manifes saat memodelkan variabel respon.



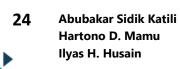
Sistem Vegetasi *Mangrove*

Struktur hutan *mangrove* di Indonesia lebih bervariasi bila dibandingkan dengan daerah lainya, dapat ditemukan mulai dari tegakan *Avicennia marina* dengan ketinggian 1-2 meter pada pantai yang tergenang air laut, hingga tegakan campuran *Bruguiera*, *Rhizophora* dan *Ceriops* dengan ketinggian lebih dari 30 meter (misalnya di Sulawesi Selatan). Di daerah pantai terbuka, dapat ditemukan *Nypa fruticans* dan *Sonneratia caseolaris*. Umumnya, tegakan *mangrove* jarang ditemukan yang rendah kecuali *mangrove* anakan dan beberapa semak seperti *Acanthus ilicifolius* dan *Acrotichum aureum* (Noor dkk., 2006).

Struktur tegakan hutan merupakan hubungan fungsional antara kerapatan pohon dengan diameternya. Struktur tegakan adalah sebaran jumlah pohon per satuan luas tertentu pada berbagai kelas umur. Pengamatan terhadap struktur tegakan dapat didekati dari tiga komponen, yaitu sebagai berikut.

- 1. Struktur vertikal atau stratifikasi yang merupakan diagram profil menggambarkan lapisan (*strata*) pohon, tiang, sapihan, semai dan herba sebagai penyusun vegetasi tersebut.
- 2. Sebaran horizontal dari jenis penyusun vegetasi tersebut yang menggambarkan letak dan kedudukan dari suatu anggota terhadap anggota yang lain. Bentuk penyebaran tersebut dapat digolongkan menjadi tiga tipe, yaitu acak (random), berkelompok (aggregated) dan teratur (regular).
- 3. Kelimpahan atau banyaknya individu dari jenis penyusun tersebut.

Menurut Indrawan (1982) dalam Fachrul (2007), struktur vegetasi dibatasi oleh tiga komponen yaitu tumbuhan secara vertikal susunan jenis atau stratifikasi vegetasi, susunan jenis tumbuhan secara horizontal atau sebaran individu dan kelimpahan tiap jenis tumbuhan yang ada. Kelimpahan (abudance) tumbuhan yang ada dapat dinyatakan kuantitatif dengan nilai kerapatan (density) atau berat kering bahan atau bagian tumbuhan yang dihasilkan dalam persatuan luas.



A. Morfologi Mangrove

1. Bakau Putih (Bruguiera cylindrica)

Nama Setempat

Bakau putih, burus, lindur, tanjang sukim, tanjang.

Klasifikasi

Kingdom: Plantae (tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan

berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (tumbuhan

berbunga)

Kelas : Magnoliopsida (berkeping dua/

dikotil)

Subkelas : Rosidae Ordo: Myrtales

Genus : Bruguiera

Spesies : Bruguiera cylindrica (L.) Bl

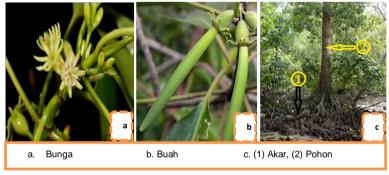
Sumber: http://www.plantamor.com

Deskripsi Umum

Pohon selalu hijau, berakar lutut dan akar papan yang melebar ke samping di bagian pangkal pohon, ketinggian pohon kadang-kadang mencapai 23 Meter. Kulit kayu abu-abu, relatif halus, dan memiliki sejumlah lentisel kecil.

Tanaman ini tumbuh mengelompok dalam jumlah besar, biasanya pada tanah liat dibelakang zona *Avicennia*, atau di bagian tengah vegetasi *mangrove* ke arah laut. Jenis ini juga memiliki kemampuan untuk tumbuh pada tanah/substrat

yang baru terbentuk dan tidak cocok untuk jenis lainnya. Kemampuan tumbuhnya pada tanah liat membuat pohon jenis ini sangat bergantung kepada akar napas untuk memperolah pasokan oksigen yang cukup, dan oleh karena itu sangat responsif terhadap penggenangan yang berkepanjangan. Memiliki buah yang ringan dan mengapung sehingga penyebarannya dapat dibantu oleh arus air, tapi pertumbuhannya lambat. Perbungaan terjadi sepanjang tahun (Noor dkk., 2006).



Gambar 1.1 Morfologi Bruguiera cylindrical Sumber: http://www.wildsingapore.com

2. Bogem (Sonneratia alba Smith)

Nama Setempat

Pedada, bogem, bidada, posi-posi, kedada, perepat laut.

Klasifikasi

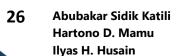
Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan

berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (menghasilkan

biji)



Divisi : Magnoliophyta (tumbuhan

berbunga)

Kelas : Magnoliopsida (berkeping

dua/dikotil)

Subkelas : Rosidae

Famili : Rhizophoraceae

Genus : Sonneratia

Spesies : Sonneratia alba Smith

Sumber: http://www.plantamor.com

Deskripsi umum

Pohon selalu hijau, tumbuh tersebar, ketinggian kadang-kadang hingga 15 meter. Kulit kayu berwarna putih tua hingga coklat, dengan celah longitudinal yang halus. Akar berbentuk kabel di bawah tanah dan muncul kepermukaan sebagai akar napas yang berbentuk kerucut tumpul dan tingginya mencapai 25 cm.

Tanaman ini merupakan jenis pionir, tidak toleran terhadap air tawar dalam periode yang lama. Menyukai tanah yang bercampur lumpur dan pasir, kadang-kadang pada batuan dan karang. Sering ditemukan dilokasi pesisir yang terlindung dari hempasan gelombang, juga di muara dan sekitar pulau-pulau lepas pantai. Bunga hidup tidak terlalu lama dan mengembang penuh pada malam hari, diserbuki oleh ngengat, burung dan kelelawar pemakan buah. Dijalur pesisir yang berkarang mereka tersebar secara vegetatif. Buah mengapung karena adanya jaringan yang mengandung air pada bijinya. Akar

napas tidak terdapat pada pohon yang tumbuh pada substrat yang keras (Noor dkk., 2006).



Gambar 1.2 Morfologi Sonneratia alba

Sumber: http://www.wildsingapore.com

3. Api-api Jambu (Avicennia marina (Forsk.) Vierh.

Nama setempat

Api-api jambu, Api-api putih, pejapi, pai.

Klasifikasi

Kingdom: Plantae (tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan

berpembuluh)

Super Divisi : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)
Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)

Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua/dikotil)

Sub Kelas : Asteridae

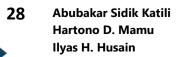
Ordo : Scrophulariales
Famili : Acanthaceae
Genus : Avicennia

Spesies : Avicennia marina (Forsk.) Vierh

Sumber: http://www.plantamor.com

Deskripsi Umum

Belukar atau pohon yang tumbuh tegak atau menyebar, ketinggian pohon mencapai 30 Meter. Memiliki sistem perakaran horizontal yang rumit



dan berbentuk pensil (atau berbentuk asparagus), akar napas tegak dengan sejumlah lentisel. Kulit kayu halus dengan burik-burik hijau-abu dan terkelupas dalam bagian-bagian kecil. Ranting muda dan tangkai daun berwarna kuning, tidak berbulu.

Merupakan tumbuhan pionir pada lantai terlindung, memiliki kemampuan yang menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang surut, bahkan di tempat asin sekali pun. Jenis ini merupakan salah satu jenis tumbuhan vang paling umum ditemukan di habitat pasangsurut. Akarnya sering dilaporkan membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jenis ini dapat juga bergerombol membentuk suatu kelompok pada habitat Berbuah sepanjang tertentu. tahun, kadang-kadang bersifat vivipar. Buah membuka pada saat setelah matang, melalui lapisan dorsal. Buah dapat juga terbuka karena dimakan semut atau setelah terjadi penyerapan air (Noor dkk., 2006).



Gambar 1.3 Morfologi Avicennia marina Sumber: http://www.wildsingapore.com

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

4. Nyiri Batu Xylocarpus moluccensis

Nama setempat: Nyiri batu, nyirih, siri, nyirih gundik, nyuru, pamuli.

Klasifikasi

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan

berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)
Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua/dikotil)

Subkelas : Rosidae

Ordo : Sapindales Famili : Meliaceae

Genus : Xylocarpus

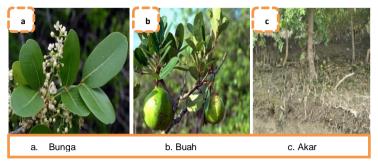
Xylocarpus moluccensis (Lamk) M.

Spesies : Roem.
Sumber: http://www.plantamor.com

Deskripsi umum

Pohon tingginya antara 5-20 meter. Memiliki akar napas mengerucut berbentuk cawan. Kulit kayu halus, sementara pada batang utama memiliki guratan-guratan permukaan yang tergores dalam. Jenis *mangrove* sejati di hutan pasang surut, pematang sungai pasang surut, serta tampak sepanjang sungai (Noor dkk., 2006).





Gambar 1.4 Morfologi *Xylocarpus moluccensis* Sumber: http://www.wildsingapore.com

B. Jenis-Jenis Hutan Mangrove

Asia merupakan daerah yang paling tinggi keanekaragaman dan jenis mangrovenya. Di Thailand terdapat sebanyak 27 jenis mangrove, di Ceylon ada 32 jenis, dan terdapat sebanyak 41 jenis di Filipina. Di Benua Amerika hanya memiliki sekitar 12 spesies sedangkan di Indonesia disebutkan mangrove, memiliki sebanyak tidak kurang dari 89 jenis pohon mangrove, atau paling tidak menurut FAO terdapat 37 jenis. Dari berbagai jenis mangrove tersebut, yang hidup di daerah pasang surut, tahan air garam dan berbuah vivipar terdapat sekitar 12 famili (Irwanto, 2006).

Hutan *mangrove* meliputi pohon-pohonan dan semak yang terdiri dari 12 tumbuhan berbunga (Avicennia, Sonneratia, Rhizophora, Bruguiera, Ceriops, Xylocarpus, Lumnitzera, Laguncularia, Aegiceras, Aegiatilis, Snaeda dan Conocarpus) yang termasuk ke dalam 8 famili. Vegetasi hutan *mangrove* di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan

jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit, dan 1 jenis sikas. Namun demikian, hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang spesifik hutan *mangrove*. Paling tidak di dalam hutan *mangrove* terdapat salah satu jenis tumbuhan dominan yang termasuk ke dalam empat famili: *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*), *Sonneratiaceae* (*Sonneratia*), *Avicenniaceae* (*Avicennia*), dan *Meliaceae* (*Xylocarpus*) (Bengen, 2001).

Jenis *mangrove* yang banyak ditemukan di Indonesia antara lain adalah jenis api-api (*Avicennia* sp.), bakau (*Rhizophora* sp.), tanjang (*Bruguiera* sp.), dan bogem atau pedada (*Sonneratia* sp.) merupakan tumbuhan *mangrove* utama yang banyak dijumpai. Jenis-jenis *mangrove* tersebut adalah kelompok *mangrove* yang menangkap, menahan endapan, dan menstabilkan tanah habitatnya (Irwanto, 2006).

C. Manfaat Hutan Mangrove

Ekosistem *mangrove* merupakan sumber daya alam pesisir yang mempunyai peranan penting ditinjau dari sudut sosial, ekonomi, dan ekologis. Fungsi utama *mangrove* adalah sebagai penyeimbang ekosistem dan penyedia berbagai kebutuhan hidup bagi manusia dan mahluk hidup lainnya. Sumber daya hutan *mangrove*, selain dikenal memiliki potensi ekonomi sebagai penyedia sumber daya kayu juga sebagai tempat peminjah (*spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*), dan juga sebagai daerah

mencari makan (feeding ground) bagi ikan dan biota laut lainnya, serta berfungsi untuk menahan gelombang laut dan intrusi air laut daerah darat (Ahmad dkk., 2011).

Manfaat hutan *mangrove* dapat dirasakan dampaknya dari sisi ekologis, sosial, ekonomi, dan sosial budaya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anwar dkk. (2006) tentang manfaat hutan *mangrove* adalah sebagai berikut.

- 1. Manfaat ekologi peranan hutan *mangrove* dari segi ekologi, antara lain:
 - a. Dapat mencegah terjadinya gejala-gejala alam yang membahayakan seperti abrasi, gelombang badai, dan terjadinya tsunami.
 - b. *Mangrove* juga berperan dalam penekanan laju intrusi air laut ke arah daratan.
 - c. Hutan *mangrove* berfungsi sebagai penghasil serasah yang menjadi sumber energi bagi organisme yang hidup di dalamnya.
 - d. Semakin menurunnya luas areal hutan *mangrove*, maka akan memperbanyak jumlah nyamuk *Anoples* sp. Jadi, populasi hutan *mangrove* berpengaruh terhadap perkem-bangan nyamuk *Anoples* sp.
 - e. Hutan *mangrove* menjadi habitat jenis satwa liar dan menjadi habitat fauna akuatik.

2. Manfaat Sosial Ekonomi

a. Pemanfaatan tanaman yang tumbuh di dalam hutan *mangrove* bisa dimanfaatkan

- sebagai arang yang berkualitas tinggi seperti jenis *Rhizophora apiculata* dan lain sebagainya.
- b. Penempatan tambak ikan yang diletakkan di dekat hutan *mangrove* akan didapatkan hasil yang berbeda dengan tambak yang tidak ada hutan *mangrove*nya.

Manfaat beberapa jenis tanaman *mangrove* yang telah digunakan di Indonesia menurut (Saparinto, 2007) antara lain sebagai berikut.

- 1) Acanthus ebracteatus (buahnya dapat digunakan untuk menghentikan perdarahan, dan untuk mengobati luka gigitan ular).
- 2) Acrostichum aureum (bagian tumbuhan muda dapat dimakan untuk sayuran dan untuk pakan ternak).
- 3) Avicennia marina (daun yang muda untuk sayur, pollen bunganya menarik lebah madu yang diternakkan, abu kayunya baik untuk bahan dasar sabun cuci).
- 4) *Bruguiera gymnirriza* (kayu untuk industri arang kayu bakar, kulit batang yang muda untuk menambah penyedap rasa ikan segar).
- 5) Ceriops tagal (kulit batang untuk zat pewarna, pengawet alat tangkap nelayan dan industri batik, kayunya berkualitas untuk kayu lapis, kulitnya dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional).



- 6) Rhizophora mucronata (rebusan daun buah, kulit akar yang muda untuk obat pengusir nyamuk dari badan, kulitnya sebagai obat diare, nektarnya mengandung madu).
- 7) Sonneratia spp. (buahnya dapat dimakan mentah, daunnya untuk pakan ternak, cairan buah untuk bahan kosmetika menghaluskan kulit muka).
- 8) *Xylocarpus* spp. (kayunya untuk papan dan kerajinan ukiran tangan, kayu bakar, kulitnya untuk obat diare, buah yang berminyak untuk industri kosmetika obat rambut, akarnya untuk bahan kerajinan hiasan, untuk bahan industri pensil).

D. Paramater dalam Analisis Komunitas

Analisis komunitas tumbuhan merupakan suatu cara mempelajari susunan atau komposisi jenis dan bentuk atau struktur tegakan. Dalam ekologi hutan, satuan vegetasi yang dipelajari atau diselidiki berupa komunitas tumbuhan yang merupakan asosiasi konkret dari semua spesies tetumbuhan yang menempati suatu habitat. Oleh karena itu, tujuan yang ingin dicapai dalam analisis komunitas adalah untuk mengetahui komposisi spesies dan struktur komunitas pada suatu wilayah yang dipelajari (Indriyanto, 2006).

Hasil analisis komunitas tumbuhan disajikan secara deskripsi mengenai komposisi spesies dan struktur komunitasnya. Struktur suatu komunitas tidak hanya dipengaruhi oleh hubungan antarspesies, tetapi juga oleh jumlah individu dari setiap spesies organisme (Soegianto, 1994). Lebih lanjut Soegianto (1994) menjelaskan, bahwa hal yang demikian itu menyebabkan kelimpahan relatif suatu spesies dapat memengaruhi fungsi suatu komunitas, distribusi individu antarspesies dalam komunitas, bahkan dapat memberikan pengaruh pada keseimbangan sistem dan akhirnya akan berpengaruh pada stabilitas komunitas.

Struktur komunitas tumbuhan memiliki sifat kualitatif dan kuantitatif menurut Soerianegara dan Indrawan (1982, dalam Fachrul 2007). Dengan demikian. dalam deskripsi struktur komunitas tumbuhan dapat dilakukan secara kualitatif dengan parameter kualitatif atau secara kuantitatif dengan parameter kuantitatif. Namun, persoalan yang sangat penting dalam analisis komunitas adalah bagaimana cara mendapatkan data terutama data kuantitatif dari semua spesies tumbuhan yang menyusun komunitas, parameter kuantitatif, dan kualitatif apa saja yang diperlukan, penyajian data, dan interpretasi data, agar dapat mengemukakan komposisi floristik serta sifat-sifat komunitas tumbuhan secara utuh dan menyeluruh.

- Parameter Kualitatif dalam Analisis Komunitas
 Analisis kualitatif komunitas tumbuhan dapat
 dibagi ke dalam beberapa parameter yaitu sebagai
 berikut.
 - a. Fisiognomi merupakan penampakan luar dari suatu komunitas yang dapat dideskripsikan berdasarkan pada penampakan spesies tumbuhan dominan, penampakan tinggi tumbuhan, dan warna tumbuhan yang tampak oleh mata. Studi ini dilakukan pada spesies dari komunitas yang dianggap penting.
 - b. Fenologi merupakan perwujudan spesies pada setiap fase dalam siklus hidupnya. Bentuk dari tumbuhan berubah-ubah sesuai dengan umurnya, sehingga spesies yang sama dengan tingkat umur yang berbeda akan membentuk struktur komunitas yang berbeda.
 - c. Periodisitas merupakan kejadian musiman dari berbagai spesies dalam kehidupan pertumbuhan. Kejadian musiman pada tumbuhan dapat ditunjukkan oleh perwujudan bentuk daun dan ukurannya, masa pembuangan, masa bertunas, dan pelurahan buah atau biji.
 - d. Stratifikasi merupakan distribusi tumbuhan dalam ruangan vertikal. Semua spesies tumbuhan dalam komunitas tidak sama

- ukurannya, serta secara vertikal tidak menempati ruang yang sama.
- e. Kelimpahan merupakan parameter kualitatif yang mencerminkan distribusi relatif spesies organisme dalam komunitas. Kelimpahan pada umumnya berhubungan dengan densitas berdasarkan penaksiran kualitatif. Menurut penaksiran kualitatif, kelimpahan dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu: sangat jarang, kadang-kadang atau jarang, sering atau tidak banyak, banyak atau berlimpah-limpah, dan sangat banyak atau sangat berlimpah.
- f. Penyebaran adalah parameter kualitatif yang menggambarkan keberadaan spesies organisme pada ruang secara horizontal. Penyebaran tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga, antara lain random, seragam dan berkelompok.
- g. Bentuk pertumbuhan adalah penggolongan tetumbuhan menurut bentuk pertumbuhannya, habitat, atau menurut karakter lainnya. Bentuk pertumbuhan yang umum dan mudah disebut misalnya pohon, semak, perdu, herba, dan liana (Gopal dan Bhardwaj, 1979 dalam Indriyanto, 2006).

2. Parameter Kuantitatif dalam Analisis Komunitas Tumbuhan

Menurut Gopal dan Bhardwaj (1979) dalam Indriyanto (2006), untuk kepentingan deskripsi suatu komunitas tumbuhan diperlukan parameter kuantitatif antara lain: kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dominansi, dominansi relatif, Indeks Nilai Penting (INP), dan Indeks Keanekaragaman.

Analisis kuantitatif komunitas tumbuhan dapat dibagi ke dalam beberapa parameter yaitu sebagai berikut.

a. Kerapatan (Densitas)

Kerapatan adalah jumlah individu per unit luas atau per unit volume. Dengan kata lain, densitas merupakan jumlah individu organisme per satuan ruang. Untuk kepentingan analisis komunitas tumbuhan, istilah yang mempunyai arti sama dengan densitas dan sering digunakan adalah kerapatan diberi notasi K.

$$Kerapatan (K) = \frac{Jumlah individu suatu jenis}{Luas seluruh petak contoh}$$

Kerapatan Relatif (KR)
$$= \frac{\text{Jumlah suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

b. Frekuensi

Frekuensi digunakan untuk menyatakan proporsi antara jumlah sampel yang berisi suatu spesies tertentu terhadap jumlah total sampel. Frekuensi spesies tumbuhan adalah jumlah petak contoh tempat ditemukannya suatu spesies dari sejumlah petak contoh yang dibuat. Frekuensi merupakan besarnya intensitas ditemukannya suatu spesies organisme dalam pengamatan keberadaan organisme pada komunitas tumbuhan. Frekuensi spesies (F) dan Frekuensi relatif dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Frekuensi (F)

= Jumlah petak contoh ditemukannya suatu jenis

Jumlah seluruh petak contoh

Frekuensi Relatif (FR) = Frekuensi suatu jenis Frekuensi seluruh jenis x 100%

Menurut Raunkiaer, 1934; Gopal dan Bhardwaj, 1979 dalam Indriyanto (2006), frekuensi tumbuhan dibagi menjadi lima kelas yaitu sebagai berikut.

- 1) Kelas A, yaitu spesies yang mempunyai frekuensi 0 20%.
- 2) Kelas B, yaitu spesies yang mempunyai frekuensi 21 40%.
- 3) Kelas C, yaitu spesies yang mempunyai frekuensi 41-60%.



Abubakar Sidik Katili Hartono D. Mamu Ilyas H. Husain

- 4) Kelas D, yaitu spesies yang mempunyai frekuensi 61 80%.
- 5) Kelas E, yaitu spesies yang mempunyai frekuensi 81 100%.

Menurut hukum frekuensi Raunkiaer yaitu spesies dengan frekuensi rendah lebih banyak individunya daripada frekuensi tinggi. Selanjutnya di dalam komunitas suatu vegetasi mempunyai bentuk sebaran yang ditentukan berdasarkan hukum Raunkiaer yaitu sebagai berikut.

- 1) Jika A > B > C = < D < E, berarti spesies-spesies yang menyusun komunitas berdistribusi normal.
- 2) Jika E > D, sedangkan A, B, dan C rendah berarti kondisi komunitas tumbuhan homogen.
- 3) Jika E < D, sedangkan A, B, dan C rendah berarti kondisi komunitas terganggu.
- 4) Jika B, C dan D tinggi, maka kondisi komunitas tumbuhan heterogen.

c. Dominansi (Dominance)

Dominansi adalah parameter yang menyatakan tingkat terpusatnya dominasi (penguasaan) spesies dalam suatu komunitas. Penguasaan atau dominansi spesies dalam komunitas bisa terpusat pada satu spesies, atau pada banyak spesies yang dapat diperkirakan dari tinggi rendahnya indeks dominansi (ID), dengan rumus sebagai berikut.

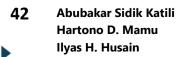
Dominansi (D) $= \frac{\text{Jumlah Luas Bidang Dasar suatu jenis (LBD)}}{\text{Luas petak contoh}}$ $= \frac{\text{Dominansi Relatif (DR)}}{\text{Dominansi suatu jenis}} \times 100\%$

Nilai Indeks Dominansi berkisar antara 0-1. Jika indeks dominansi mendekati nilai 0, dapat dikatakan bahwa di dalam struktur komunitas tidak terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya dan biasanya diikuti dengan indeks keseragaman yang besar. Sementara jika indeks dominansi mendekati nilai 1, berarti di dalam komunitas terdapat satu spesies yang mendominasi spesies lainnya dan nilai indeks keseragaman kecil (Basmi, 2000).

d. Indeks Nilai Penting (Important Value Index)

Indeks Nilai Penting (INP) adalah parameter kuantitatif yang dapat dipakai untuk menyatakan tingkat dominansi spesies-spesies dalam suatu komunitas tumbuhan. Spesies-spesies yang dominan dalam suatu komunitas tumbuhan akan memiliki indeks nilai penting yang tinggi, sehingga spesies yang paling dominan tentu saja memiliki indeks nilai penting yang paling besar, maka jenis itu sangat memengaruhi kestabilan ekosistem *mangrove* tersebut.

Besarnya nilai INP juga menggambarkan tingkat pengaruh suatu jenis vegetasi terhadap



kestabilan ekosistem. Agar INP dapat ditafsirkan maknanya, maka digunakan kriteria, yaitu nilai INP tertinggi dibagi tiga, sehingga INP dapat dikelompokkan tiga kategori yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Untuk mengetahui jenis dominan di setiap tingkat pertumbuhan digunakan metode indeks nilai penting (INP), yaitu INP terdiri atas kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif dengan nilai maksimum 300% pada tingkat pohon dan tingkat tiang. Sedangkan untuk tingkat semai dan tingkat pancang nilai maksimum INP ialah 200% terdiri dari jumlah kerapatan relatif (KR) dan frekuensi relatif (FR) (Fachrul, 2007). Dengan demikian, INP dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut.

INP = Kerapatan Relatif + Frekuensi Relatif + Dominansi Relatif

e. Indeks Keanekaragaman Jenis (Indeks of Diversity)

Keanekaragaman spesies merupakan ciri tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologinya. Keanekaragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Keanekaragaman spesies juga dapat digunakan untuk mengukur stabilitas komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponenkomponenya. Untuk keanekaragaman jenis dan kemantapan komunitas setiap areal dapat digambarkan dengan Indeks Shannon (Shannon-

Wiener, 1963 dalam Odum, 1993) dengan rumus sebagai berikut.

$$H' = -\Sigma \{n.i / N\} Ln \{n.i / N\}$$

Besarnya indeks keanekaragaman spesies menurut Shannon-Wiener didefenisikan dalam tiga tingkatan yakni sebagai berikut.

- a. Nilai H' > 3 menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies yang ada pada suatu transek atau stasiun berada dalam kemelimpahan yang tinggi.
- b. Nilai H' 1 ≤ H' ≤ 3 menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu transek atau stasiun berada dalam kemelimpahan yang sedang.
- c. Nilai H' < 1 menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu transek atau stasiun berada dalam kemelimpahan yang sedikit atau rendah, (Odum 1993 dalam Fachrul, 2007).



Nilai Serapan Karbon Mangrove di Desa Tabongo Kecamatan Dulupi Kabupaten Boalemo

Mangrove mempunyai banyak manfaat untuk manusia dan lingkungannya. *Mangrove* dapat menghasilkan berbagai produk, baik langsung maupun tidak langsung. Tingkat ekonomi masyarakat di kawasan pesisir umumnya bergantung pada habitat *mangrove* yang ada di sekitarnya. Contohnya perikanan pantai.

Mangrove berperan untuk mendukung perikanan pantai dalam dua hal. Pertama, *mangrove* memiliki peran dalam siklus hidup berbagai jenis ikan, udang, dan moluska. Hal ini disebabkan

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

tersedianya makanan berupa bahan-bahan organik yang masuk ke dalam rantai makanan di lingkungan mangrove yang juga berperan sebagai pelindung. Kedua, mangrove menyediakan makanan untuk organisme yang hidup pada perairan sekitarnya. Hal ini disebabkan mangrove merupakan pemasok bahan organik. Kesuburan perairan pesisir diakibatkan karena produksi serasah mangrove yang berperan sebagai penyubur. Selain itu, di antara ekosistem pesisir yang paling dianggap produktif adalah hutan mangrove.

Selain manfaat dan fungsi yang diuraikan di atas, hutan mangrove juga memiliki fungsi sebagai penyimpan karbon dalam biomassa. Hal ini sejalan dengan pendapat Dharmawan dan Siregar (2008) menyebutkan bahwa hutan mangrove memiliki potensi kandungan biomassa total sebesar 364,9 ton/ha dan kandungan karbon sebesar 182,5 ton karbon/ha. Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu. Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pohon yang dinyatakan dalam satuan ton berat kering per satuan luas (Sutaryo, 2009). Jumlah biomassa dalam hutan merupakan selisih antara produksi melalui fotosintesis dan konsumsi melalui respirasi. Data dan informasi mengenai biomassa suatu ekosistem dapat tingkat produktivitas menunjukkan ekosistem tersebut. Dari segi ekologi, data biomassa hutan



berguna untuk mempelajari aspek fungsional dari suatu ekosistem hutan, seperti produksi primer, siklus hara dan aliran energi. Dari segi manajemen hutan secara praktis, data biomassa hutan sangat penting untuk perencanaan pengusahaan khususnya dalam penetapan tujuan manajemen pengelolaan hutan.

A. Kondisi Hutan *Mangrove* di Kabupaten Boalemo

Satu kawasan mangrove Indonesia terdapat di wilayah pesisir Kecamatan Dulupi Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. Ekosistem mangrove di Kecamatan Dulupi terus menerus mendapat tekanan akibat berbagai aktivitas masyarakat yang berada di sekitar kawasan hutan *mangrove*. Penduduk setempat telah memanfaatkan hutan mangrove untuk berbagai pemanfaatan di antaranya pembuatan tambak, pemukiman, dan lahan pertanian. Alih fungsi di dalam kawasan hutan mangrove mengakibatkan luas hutan mangrove mengalami penyusutan. Berdasarkan data dari dinas kehutanan kabupaten Boalemo tahun 2010, luas areal mangrove yang terdegradasi di kecamatan dulupi adalah 13,05 Ha, yaitu areal yang mengalami degradasi hutan mangrove berada di kawasan desa Dulupi dengan luas areal kerusakan 9,52 Ha dan Desa Tabongo luas areal kerusakan hutan mangrove adalah 3,53 Ha.

Salah satu penyebab degradasi hutan *mangrove* adalah pembukaan lahan atau konversi hutan

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove*dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

47

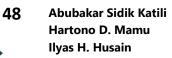
menjadi kawasan pertambakan. Selain konversi, degradasi hutan *mangrove* juga terjadi akibat pemanfaatan yang intensif untuk bahan bakar dan bahan bangunan.

Berdasarkan hasil identifikasi tumbuhan mangrove ditemukan pada lokasi penelitian di Desa Tabongo Kecamatan Dulupi terdapat 4 spesies tumbuhan mangrove yakni Rhizophora apiculata Blume, Rhizophora mucronata Lamk., Ceriops tagal (Perr) C. B. Rob, Bruguiera. Empat spesies yang ditemukan tersebut termasuk dalam 1 divisi vakni mangnoliophyta, 1 kelas yakni mangnoliopsida, 1 kelas vakni anak Rosidae, ordo 1 Rhizophorales, 1 famili vakni *Rhizophoraceae*, 3 genus terdiri atas Rhizophora, Ceriops, dan Bruguiera. Keempat spesies *mangrove* tersebut, kesemuanya ditemukan dalam tingkatan perawakan pohon, sapling, dan seedling.

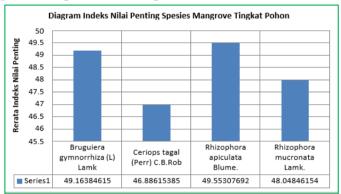
B. Struktur Vegetasi *Mangrove* di Kecamatan Dulupi

1. Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Indeks Nilai Penting Tingkat Pohon

Berdasarkan hasil perhitungan parameterparameter vegetasi yang menghasilkan indeks nilai penting (INP) pada tiap titik pengamatan, maka diperoleh sebuah deskripsi tentang struktur vegetasi pada lokasi penelitian untuk seluruh titik pengambilan data pada strata/tingkat pohon. Berdasarkan rerata indeks nilai penting (INP)



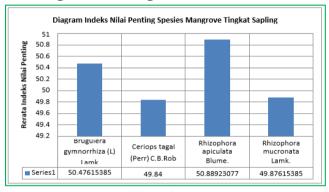
spesies *mangrove* tingkat pohon, terlihat spesies *Rhizopora apiculata* memiliki nilai INP tertinggi (49.55%) dibandingkan dengan semua spesies lain yang ditemukan. Spesies lainnya adalah berturutturut, *Rhizophora mucronata* Lamk, memiliki rerata INP sebesar 48.048%, spesies *Bruguiera gymnorrhiza* sebesar 49.16%, dan spesies *Ceriops tagal* memiliki rerata INP sebesar 46.88%. Hal tersebut disajikan pada diagram dalam gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Digram Indeks Nilai Penting Spesies *Mangrove*Tingkat Pohon

2. Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Indeks Nilai Penting Tingkat *Sapling*

Berdasarkan hasil perhitungan parameterparameter vegetasi yang menghasilkan indeks nilai penting (INP) pada tiap titik pengamatan, maka diperoleh sebuah deskripsi tentang struktur vegetasi pada lokasi penelitian untuk seluruh titik pengambilan data pada strata/tingkat *sapling*. Berdasarkan rerata indeks nilai penting (INP), spesies *mangrove* tingkat *sapling*, terlihat spesies *Rhizopora apiculata* memiliki nilai INP tertinggi (50.88%) dibandingkan semua spesies lain yang ditemukan. Spesies lainnya adalah berturut-turut, *Rhizophora mucronata* Lamk, memiliki rerata INP sebesar 49.87%, spesies *Bruguiera gymnorrhiza* sebesar 50.47% dan spesies *Ceriops tagal* memiliki rerata INP sebesar 49.84%. Hal tersebut disajikan pada diagram dalam gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Digram Indeks Nilai Penting Spesies *Mangrove* Tingkat *Sapling*

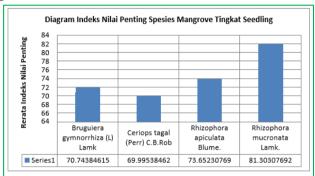
3. Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Indeks Nilai Penting Tingkat *Seedling*

Berdasarkan hasil perhitungan parameterparameter vegetasi yang menghasilkan indeks nilai penting (INP) pada tiap titik pengamatan, maka diperoleh sebuah deskripsi tentang struktur vegetasi pada lokasi penelitian untuk seluruh titik pengambilan data pada strata/tingkat seedling. Berdasarkan rerata indeks nilai penting (INP) spesies mangrove tingkat seedling, terlihat spesies Rhizopora mucronata Lamk memiliki nilai INP tertinggi (81.30%) dibandingkan semua spesies lain yang ditemukan. Spesies lainnya adalah



Ilyas H. Husain

berturut, *Rhizophora apiculata Blume* memiliki rerata INP sebesar 73.65%, spesies *Bruguiera gymnorrhiza* sebesar 70.74% dan spesies *Ceriops tagal* memiliki rerata INP sebesar 69.99%. Hal tersebut disajikan pada diagram dalam gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Digram Indeks Nilai Penting Spesies *Mangrove* Tingkat *Seedling*

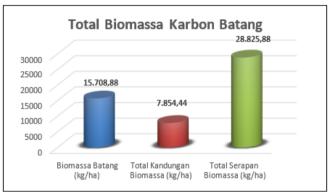
Secara umum, tipe kawasan *mangrove* di lokasi studi untuk wilayah Tabongo merupakan *Scrub or dwarf forest*. *Scrub or dwarf forest* yakni suatu tipe komunitas *mangrove* yang secara khas ditemukan dipingiran yang rendah (https://lembarindonesia. wordpress. com/2008/07/14/ekosistem*mangrove*/).

Pada ketiga diagram di atas, terlihat adanya spesies-spesies tertentu yang memiliki besaran indeks nilai penting yang tinggi dan hal ini dapat mencirikan spesies yang dominan dalam suatu komunitas tersebut. Diduga bahwa adanya INP yang tinggi untuk spesies mangrove Rhizophora apiculata Blume dan Rhizopora mucronata Lamk, dapat menjadi ciri vegetasi mangrove yang ada di kawasan ini.

Selain itu, keadaan tersebut juga dapat disebabkan oleh kemampuan adaptasi masingmasing spesies mangrove terhadap faktor lingkungan terutama jenis substrat, yaitu substrat yang terdapat di lokasi studi sebagian besar adalah lumpur berpasir. Setiap spesies memiliki kisaran toleransi terhadap lingkungan yang berbeda. Agar dapat tumbuh dan berkembang secara baik, masing-masing spesies membutuhkan persyaratan tumbuh yang berbeda, sehingga memungkinkan terjadinya efisiensi alokasi energi untuk pertumbuhannya. Untuk kondisi ini, berdasarkan penyebarannya golongan famili Rhizophoraceae cenderung mem-punyai kemampuan untuk beradaptasi dengan baik dalam komunitas mangrove di lokasi penelitian.

C. Pendugaan Nilai Biomassa Karbon Mangrove di Desa Tabongo Boalemo

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai biomassa batang mangrove famili Rhizophoraceae, yaitu kg/ha dengan 15.708,88 nilai rata-rata 245.45 kg/pohon. Adapun kandungan karbon dalam biomassa pada batang mangrove adalah sebesar 7.854,44 kg/ha dengan rata-rata kandungan karbon 122,73 kg/pohon. Rata-rata serapan karbon pada mangrove famili Rhizophoraceae batang 450,40 kg/pohon. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh potensi nilai biomassa pada mangrove famili Rhizophoraceae di kawasan pesisir Desa Tabongo adalah sebesar 28.825,80 kg/ha. Potensi nilai biomassa karbon tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Diagram Potensi Nilai Biomassa Batang *Mangrove* famili *Rhizophoraceae* di Kawasan pesisir Desa Tabongo Boalemo.

Potensi nilai biomassa mangrove adalah dalam dan kemampuan mangrove menyerap menyimpan karbon dalam biomassa yang didasarkan dari pengukuran nilai biomassa dengan hasil akhir yang dinyatakan dalam bentuk angka. Berdasarkan hasil penelitian potensi nilai biomassa mangrove famili Rhizophoraceae di kawasan pesisir Desa Tabongo Boalemo terbesar terdapat pada kemampuan mangrove dalam menyerap karbondioksida. Hal ini erat kaitannya dengan kerapatan mangrove famili Rhizophoraceae pada lokasi penelitian. Semakin rapat mangrove yang tumbuh pada suatu area, maka akan meningkatkan penyerapan karbondioksida atmosfer.

Jesus (2012) menyatakan kerapatan *mangrove* yang baik dapat menghambat sinar matahari untuk

langsung menembus ke lantai hutan sehingga suhu pada lokasi penelitian stabil. Berdasarkan hasil pengamatan suhu pada lokasi penelitian berada pada kisaran 26-280C. Hal ini menyebabkan suhu pada lokasi penelitian tergolong stabil karena tidak terjadi perbedaan suhu yang signifikan pada setiap pohon yang disampling. Berdasarkan perhitungan potensi biomassa karbon pada batang *mangrove* famili *Rhizophoraceae* di kawasan pesisir Desa Tabongo menunjukkan kemampuan menyerap karbon sebesar 28.825,80 kg/ha. Hal ini membuktikan bahwa kawasan *mangrove* di kawasan ini masih memiliki potensi menyerap karbon tergolong baik.

dibandingkan dengan hasil penelitian Dharmawan dan Siregar (2008) yang meneliti biomassa karbon atas permukaan tanah didapatkan hanya sebesar 4.800,9 kg., sedangkan kandungan karbon dan serapan karbon masing-masing sebesar dan 8.801,9 2.401.5 kg. kg. Selanjutnya, jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Linggula (2014) yang meneliti potensi biomassa karbon mangrove di wilayah pesisir Desa Torosije, Gorontalo, diperoleh nilai biomassa karbon batang memiliki nilai sebesar 18.412,58kg/ha. Akan tetapi dengan adanya penurunan tutupan mangrove akibat alih fungsi lahan dan pengambilan yang berlebihan, diduga menyebabkan penyerapan karbon di kawasan tersebut akan mengalami penurunan pada waktu yang akan datang. Dengan demikian, diperlukan



adanya suatu bentuk strategi dalam pengelolaan hutan *mangrove* di kawasan pesisir desa Tabongo.

D. Pendugaan Nilai Kandungan Karbon *Mangrove* di Desa Tabongo Boalemo

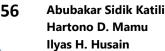
biomassa berkorelasi dengan Nilai kandungan karbon dalam biomassa. Hal ini ditandai dengan meningkatnya nilai kandungan karbon dalam biomassa famili Rhizophoraceae di kawasan pesisir desa Tabongo Boalemo seiring dengan peningkatan nilai biomassanya. Nilai kandungan karbon dalam biomassa mangrove famili Rhizophoraceae di lokasi penelitian diperoleh sebesar 15.708,88 kg, sedangkan nilai kandungan karbon dalam biomassa mangrove famili Rhizophoraceae sebesar 7.854, 44 kg. Hasil penelitian ini hampir tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Baderan (2017), yaitu nilai karbon dalam biomassa mangrove yang ditemukan di wilayah pesisir Tabulo Selatan Provinsi Gorontalo diperoleh nilai sebesar 7.121,174 kg dengan nilai serapan karbon 3.560,59 kg. Walaupun demikian, nilai karbon dalam biomassa mangrove famili Rhizophoraceae di wilayah Desa Tabulo Selatan lebih kecil iika pesisir dibandingkan dengan nilai karbon dalam biomassa yang ditemukan di wilayah pesisir Tabongo Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo.

E. Pendugaan Nilai Serapan Karbon Mangrove di Desa Tabongo Boalemo

Potensi hutan mangrove dalam menyimpan karbon lebih besar dibandingkan dengan hutan tropis lainnya. Hal ini disebabkan hutan mangrove memiliki kerapatan empat kali lebih besar dari hutan tropis pada umumnya. Selain itu, pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil daripada hutan di daratan. Pembusukan serasah tanaman aguatik yang melepaskan tidak karbon ke udara adalah penyebabnya. Adapun tanaman hutan tropis yang mati melepaskan sekitar 50 persen karbonnya ke udara (Purnobasuki, 2012). Potensi penyimpanan karbon pada substrat lumpur mangrove sangatlah besar.

Hutan mangrove dikategorikan sebagai tempat pembenaman karbon/carbon sinks. Carbon merupakan tempat untuk menyerap dan menyimpan karbon. Karbondioksida di atmosfer yang diserap oleh tumbuhan disimpan di dalam tubuh tumbuhan seperti batang, cabang, ranting, daun, dan akar. Selain itu, penyimpanan karbon juga terjadi pada serasah, kayu mati, dan bahan organik tanah.

Hasil penelitian dan perhitungan allometrik yang disajikan pada diagram 8 terlihat adanya perbedaan total biomassa, total kandungan karbon dan total serapan karbon pada Famili Rhizophoraceae kawasan pesisir Desa Tabongo Kecamatan Dulupi Kabupaten Boalemo dengan nilai total serapan



karbon sebesar 28.825,88 kg/ha. Hal ini sejalan dengan pendapat Hairiah dan Rahayu (2011), bahwa kadar karbon ditentukan oleh kadar zat terbang dan kadar abu. Semakin tinggi kadar zat terbang dan kadar abu pada suatu bagian pohon, maka kadar karbonnya akan semakin rendah. Batang yang memiliki kadar karbon tertinggi merupakan hal yang sangat penting untuk menduga potensi karbon tegakan dan banyak dijadikan sebagai dasar perhitungan pendugaan potensi karbon di suatu tegakan. Hal ini berkaitan erat dengan dimensi pohon yaitu diameter setinggi dada (Dbh) sebagai indikator dalam kegiatan pengukuran.

Mangrove diketahui memiliki kemampuan asimilasi dan laju penyerapan C yang tinggi, namun data tentang simpanan karbon untuk keseluruhan ekosistem ternyata sangat sedikit, yaitu hanya data mengenai emisi C yang terkait dengan konversi lahan. Laporan tentang simpanan C untuk beberapa komponen terutama untuk biomassa pohon juga terbatas (Komiyama, 2008). Namun, fakta bahwa tanah mangrove yang dalam kaya kandungan organik menunjukkan bahwa dalam estimasi tersebut sejumlah besar karbon keseluruhan ekosistem justru terlewatkan.

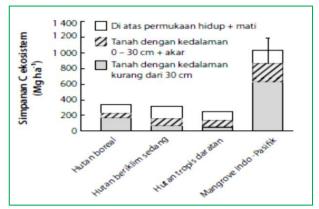
Substrat *mangrove* memiliki lapisan *suboxic* dengan ketebalan berbeda (semula dikenal dengan sebutan 'gambut' atau 'lendut'), yang mendukung berlangsungnya dekomposisi anaerobik dan

memiliki kandungan C sedang sampai tinggi (Kristensen, 2008). Kuantifikasi simpanan C di bawah permukaan pada tanah mangrove sulit dilakukan dan bukan merupakan suatu fungsi yang sederhana untuk mengukur laju perubahan karena mengharuskan integrasi dari berbagai pengendapan, transformasi dan dinamika erosi selama ribuan tahun yang terkait dengan fluktuasi permukaan laut dan berbagai gangguan yang kadang terjadi.

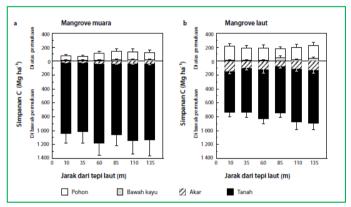
Komiyama (2008) menemukan bahwa mangrove merupakan salah satu hutan yang simpanan karbonnya tertinggi di kawasan tropis (nilai rerata contoh: 1.023 Mg C ha-1 ±88 s.e.m.), dan sangat tinggi dibandingkan rerata simpanan karbon di berbagai tipe hutan lainnya di dunia. Rerata karbon di mangrove muara sebesar 1.074 Mg C ha-1 (±171 s.e.m.); sementara untuk mangrove laut sebesar 990 ± 96 Mg C ha-1. Cadangan C di atas permukaan nilainya cukup besar (rerata 159 Mg C ha-1, maksimum 435 Mg C ha-1), namun cadangan di bawah permukaan tetap mendominasi, untuk mangrove muara dan laut masing-masing sebesar 71-98% dan 49-90% dari total Simpanan C di bawah permukaan simpanan. berkorelasi positif namun lemah dengan simpanan di atas permukaan (R2 = 0,21 dan 0,50 masing-masing mangrove untuk muara dan laut). Walaupun cadangan C tanah sedikit meningkat dengan jarak dari laut untuk mangrove laut (karena meningkatnya kedalaman tanah), perubahan cadangan C di atas

maupun di bawah permukaan pada gradien jarak ini sangat bervariasi dan secara statistik tidak signifikan.

Sejauh ini, kuantifikasi simpanan C di bawah permukaan pada mangrove terhambat oleh kurangnya data tentang kandungan karbon tanah, berat jenis tanah dan kedalaman tanah, serta bagaimana ketiga faktor tersebut bervariasi secara spasial. Berat jenis tanah tidak berbeda secara signifikan berdasarkan faktor geomorfis atau jarak dari laut (umumnya ~0,35-0,55 g cm-3), tetapi meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Kombinasi antara kandungan C dan berat jenis tanah menghasilkan rerata kandungan karbon sebesar 0,038 g C cm-3 dan 0,061 g C cm-3 masing-masing untuk mangrove muara dan mangrove laut. Kedalaman total lapisan gambut antara mangrove muara dan mangrove laut juga berbeda dan faktor ini merupakan penyebab adanya variasi simpanan C di bawah permukaan tegakan mangrove muara berada di atas sedimen alluvial yang dalam. Umumnya memiliki kedalaman lebih dari 3 m; tegakan mangrove laut memiliki lapisan kaya organik yang jelas yang menyelimuti pasir atau batu karang yang besar, dengan ketebalan meningkat dari rerata 1,2 m (±0.2 s.e.m.) di laut sampai 1,7 m (±0.2 s.e.m.)



Gambar 3.5 Perbandingan simpanan C *mangrove* (rerata 95% selang kepercayaan) dengan nilai simpanan berbagai tipe hutan.



Gambar 3.6 Simpanan C di atas dan di bawah permukaan di kawasan *mangrove* Indo-Pasifik, diukur menurut jarak dari tepi laut.



Perhitungan Serapan Karbon

A. Teknik Menghitung Biomassa

Menghitung biomassa dapat dilakukan dengan empat cara utama, yaitu sebagai berikut.

- 1. Sampling dengan pemanenan (*destructive sampling*) secara in situ.
- 2. Sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara in situ.
- 3. Pendugaan melalui pengindraan jauh.
- 4. Pembuatan model.

Setiap metode di atas menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi cuplikan data ke area yang lebih luas. Penggunaan persamaan allometrik standar yang telah dipublikasikan sering dilakukan, tetapi dapat mengakibatkan galat (error)

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

yang signifikan dalam mengestimasikan biomassa suatu vegetasi. Hal ini disebabkan koefisien persamaan *allometrik* bervariasi untuk setiap lokasi dan spesies.

Pendugaan biomassa dapat dijadikan sebagai penduga kasar dari laju produktivitas suatu individu jenis atau komunitas (Hutching dan Saenger, 1987 dalam Hilmi dan Siregar, 2006). Pada setiap kelas diameter pohon, bahan organik terbesar yaitu bahan organik batang, sedangkan bunga dan buah adalah yang terendah. Bahan organik pohon terdiri dari 60-65% bahan organik batang. Oleh karena itu, bahan organik pohon tersebut akan terakumulasi pada batang, terutama pada segmen batang yang pertama.

1. Teknik dengan Pemanenan

Teknik ini digunakan untuk mengukur biomassa hutan. Caranya yaitu memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akarnya kemudian mengeringkannya dan menimbang berat biomassanya. Pengukuran dengan cara ini dapat dilakukan dengan mengulang beberapa area cuplikan atau melakukan ekstrapolasi untuk area yang lebih luas dengan menggunakan persamaan alometrik.

Meskipun cara ini akurat untuk menghitung biomassa pada cakupan area kecil, namun cara ini dikategorikan mahal dan membutuhkan waktu yang lama. Menurut Hitchcock dan McDonnell (1979) dalam Sutaryo (2009), langkah-langkah



pemanenan biomassa (destructive sampling) adalah sebagai berikut.

- a. Pohon ditebang kemudian dipisahkan dengan material yang ada sesuai dengan komponen pohon tersebut.
- b. Setiap komponen ditimbang setiap bagian.
- c. Subsampel diambil dari setiap komponen.
- d. Tentukan volume dari subsample dengan metode penenggelaman dalam air atau metode lainnya (*optional*).
- e. Keringkan dengan oven dan timbang masingmasing subsampel.
- f. Tetapkan total berat kering dari masingmasing bagian.
- g. Terapkan faktor kepadatan berat basah dan berat kering untuk setiap komponen.
- h. Jumlahkan berat masing-masing komponen menjadi berat keseluruhan pohon.

Berat basah keseluruhan pohon dan komponen-komponennya dapat dibagi atau dibedakan dengan cara ini atau melalui cara sampling. Membagi berdasarkan kadar air dan berat kering umumya memerlukan proses laboratorium.

Metode untuk mengestimasikan berat dan volume semak dan vegetasi lain mengandung prinsip yang sama dengan pengukuran untuk pohon. Variabel bebas untuk fungsi (persamaan) berat kering dalam beberapa kasus dapat pula disamakan seperti tinggi dan densitas vegetasi.

2. Teknik Tanpa Pemanenan

Metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan alometrik untuk mengekstrapolasi biomassa.

3. Pendugaan dengan Penginderaan Jauh

Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya tidak dianjurkan terutama untuk proyek-proyek dengan skala kecil. Kendala yang umumnya adalah karena teknologi ini relatif mahal dan secara teknis membutuhkan keahlian tertentu yang mungkin tidak dimiliki oleh pelaksana proyek. Metode ini juga kurang efektif pada daerah aliran sungai, pedesaan, atau wanatani (*Agroforestry*) yang berupa mosaik dari berbagai penggunaan lahan dengan persil berukuran kecil (beberapa ha saja).

Hasil pengideraan jauh dengan resolusi sedang mungkin sangat bermanfaat untuk proyek membagi area menjadi kelas-kelas vegetasi yang relatif homogen. Hasil pembagian kelas ini menjadi panduan untuk proses survei dan pengambilan data lapangan. Untuk mendapatkan estimasi biomassa dengan tingkat yang baik memerlukan hasil keakuratan



penginderaan jauh dengan resolusi yang tinggi, tetapi hal ini akan menjadi metode alternatif dengan biaya yang besar.

4. Pembuatan Model

Model digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan in situ atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya, model empiris ini didasarkan pada jaringan dari sample plot yang diukur berulang, yang mempunyai estimasi biomassa yang sudah menyatu atau melalui persamaan allometrik yang mengkonversi volume menjadi biomassa (Australian Greenhouse Office, 1999).

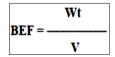
B. Estimasi Biomassa Hutan

Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasikan biomassa di atas permukaan dari suatu pohon/hutan. Dua (2) pendekatan tersebut adalah pendekatan langsung dengan membuat persamaan allometrik dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan "biomass expansion factor". Meskipun terdapat keuntungan dan kekurangan dari pendekatan, masing-masing tetapi harus diperhatikan bahwa pendekatan tidak langsung didasarkan pada faktor yang dikembangkan pada tingkat tegakan dari hutan dengan kanopi yang tertutup (rapat) dan tidak dapat digunakan untuk membuat estimasi dari pohon secara individu (IPCC, 2007).

1. Biomass Expansion Factor (BEF)

Suatu *expansion factor* akan menggandakan suatu jumlah nominal tertentu (volume atau biomassa) yang mencakup 1 atau beberapa bagian pohon ke jumlah nominal lainnya yang mencakup keseluruhan pohon. Dalam hal ini, *Biomass Expansion Factor* akan menggandakan nilai biomassa batang menjadi biomassa keseluruhan pohon. Harus diingat bahwa *expansion factor* ini ada yang menggandakan data, yaitu (1) pada satuan pohon ke data pada satuan pohon, (2) data pada satuan tegakan ke data di satuan tegakan pula, dan (3) data dari nilai agregat ke nilai agregat lain (misalnya dari data volume panen secara komersial ke data total biomassa yang hilang).

Secara sederhana, BEF didefinisikan sebagai rasio antara biomassa keseluruhan pohon dengan biomassa batang. Dalam hal ini, biomassa batang yang dimaksud kebanyakan mengacu kepada batang komersial (commercial stem) atau merchantable stem. Brown (1997, dalam Sutaryo, 2009) memberikan definisi BEF sebagai: "The ratio of total aboveground oven-dry biomass density of trees with a minimum dbh of 10 cm or more to the oven-dry biomass density of the inventoried volume." Dengan demikian, biomass expansion factor dirumuskan sebagai berikut.



66

Abubakar Sidik Katili Hartono D. Mamu Ilyas H. Husain

Di mana:

BEF = $Biomass\ expansion\ factor\ (Mg/m3)$

Wt = Total biomassa tegakan (Mg/ha)

V = volume tegakan (m3/ha).

BEF merupakan suatu nilai yang tergantung pada ukuran dan umur pohon/tegakan. Oleh karena itu, penggunaan BEF untuk mengestimasi biomassa sebaiknya menggunakan BEF yang agedependent atau memperhatikan umur tegakan dalam penyusunannya. Penggunaan BEF yang berupa nilai konstan pada sembarang umur tegakan menghasilkan nilai yang bias.

Brown dan Lugo (1992, dalam Sutaryo, 2009), memberikan persamaan untuk menghitung BEF sebagai berikut.

$BEF = Exp [3.213 - 0.506 \times ln (BV)]$

Untuk BV<190 t/ha; 1.74 untuk BV≥ 190 t/ha; Jumlah sample 56; r2 = 0.76. BV= biomassa dari volume hasil pendataan (t/ha) yang dihitung dari Volume kayu bulat berkulit / volume over bark (m3/ha) dan berat jenis kayu (t/m3)

Dalam beberapa kasus, pendataan potensi hutan batas diameter minimum yang diukur tidak selalu 10 cm. Pada kebanyakan pendataan potensi hutan di hutan di daerah tropis, diameter minimum yang diukur biasanya 20 cm atau 25 cm. Brown (1990, dalam Sutaryo, 2009)

mengembangkan persamaan volume *expansion factor* yang dapat dipakai untuk menggabungkan data dengan batas diameter minimum yang berbeda.

Menurut Brown (1990, dalam Sutaryo, 2009), VEF didefinisikan sebagai rasio dari volume terdata untuk keseluruhan pohon dengan minimum diameter 10 cm atau lebih (VOB 10) dengan volume terdata untuk seluruh pohon dengan diameter minimum 25–30cm atau lebih (VOB 25-30).

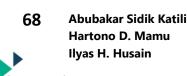
$VEF = Exp[1.300 - 0.209 \times ln(VOB30)]$

Untuk VOB 30 <250 m3/ha; 1.13 untuk VOB30 > 250m3/ha

Apabila ditulis dengan singkat, maka VEF adalah rasio antara (VOB10) dengan (VOB 25-30). Persamaan untuk menghitung VEF dari hasil studi di daerah tropis di Amerika dan Asia adalah sebagai berikut.

2. Persamaan Alometrik

Persamaan *allometrik* didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan/pohon persamaan *allometrik* digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon



(diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan.

Persamaan *allometrik* dinyatakan dengan persamaan umum sebagai berikut.

$$Y = a + bx$$

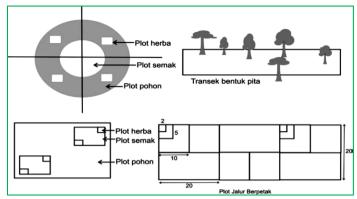
Dalam hal ini, **Y** mewakili ukuran yang diprediksi, X adalah bagian yang diukur, **b** = kemiringan atau koefisien regresi dan **a** adalah nilai perpotongan dengan sumbu vertikal (Y).

C. Desain Sampling dan Prosedur Pelaksanaan Penelitian Biomassa dan Karbon

1. Penentuan Sampling Plot

a. Bentuk plot

Bentuk plot yang umum dipakai adalah bujur sangkar atau persegi panjang. Bentuk plot lingkaran juga bisa dipilih meskipun cenderung agak sulit untuk membuatnya terutama jika ukurannya besar. Meskipun dalam kajian umum bisa menggunakan metode plot garis atau tanpa plot. Jika menggunakan metode ini cenderung sulit untuk melakukan pemantauan (monitoring).



Gambar 4.1 Berbagai Bentuk Plot yang Dapat Dipakai dalam Pengukuran Biomassa.

b. Ukuran Plot

Ukuran plot dibuat sesuai dengan ukuran ratarata diameter pohon. Untuk herba ukuran sampel umumnya 1 x 1 m. Ukuran yang sama dipakai untuk anakan pohon. Secara garis besar, ukuran plot yang disarankan sebagaimana tercantum dalam Pearson dan Brown (2004, dalam Sutaryo, 2009) adalah sebagai berikut.

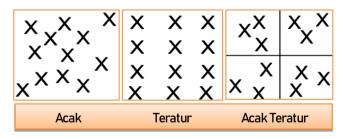
Tabel 4.1 Kisaran Diameter Batang dan Ukuran Plot vang Disarankan.

Diameter Batang (DBH)	Radius Plot Lingkaran	Ukuran Plot Persegi
< 5 cm	1 m	2 m x 2 m
5 – 20 cm	4 m	7 m x 7 m
20 – 50 cm	14 m	25 m x 25 m
> 50 cm	20 m	35 m x 35 m

Selain dengan rata-rata diameter pohon, ukuran sampel plot sangat erat kaitannya jumlah pohon dan perbedaan atau variansi dari cadangan karbon di antara plot-plot tersebut. Intinya, plot harus cukup besar untuk berisi pohon yang akan diukur dalam jumlah yang cukup (IPCC, 2007). Umumnya, panjang dari sisi terpendek dari plot harus lebih panjang dibanding tinggi pohon maksimum yang ada di dalam plot tersebut. Misalnya, jika tinggi maksimum pohon dalam plot 15 m, maka panjang dari sisi terpendek plot harus lebih dari 15 m (Macdicken, 1997)

c. Peletakan Plot

Peletakkan plot dapat dilakukan secara acak (simpel *random*), secara teratur (sistematis), atau secara acak teratur (*stratified random*). Ilustrasi untuk peletakan plot adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Ilustrasi Peletakan Plot dalam Pengambilan Data Lapangan.

d. Jumlah Plot

plot ditetapkan Jumlah dapat dengan memperhatikan estimasi variansi ekologis, presisi yang ditetapkan oleh selang kepercayaan (confidence level), dan estimasi galat (error). Penentuan jumlah plot dapat juga

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

71

mempertimbangkan waktu dan biaya kegiatan. Urutan langkah untuk menentukan jumlah plot yang diperlukan adalah sebagai berikut (Pearson dan Brown, 2004, dalam Sutaryo, 2009).

- 1) **Langkah 1:** Tentukan tingkat presisi yang diinginkan.
- 2) Langkah 2: Cari dan kumpulkan data sekunder tentang biomassa pada wilayah kerja (dari penelitian sebelumnya, instansi pemerintah, universitas) atau dari literatur ilmiah.
- 3) **Langkah 3:** Jika data sekunder tidak ada, lakukan survei pendahuluan.
- 4) **Langkah 4:** Estimasikan simpanan karbon, deviasi standar, dan variansi dari data survei pendahuluan.
- 5) **Langkah 5:** Hitung jumlah plot yang diperlukan.

MacDicken (1997, dalam Sutaryo, 2009) memberikan rumus untuk menetapkan jumlah plot yang diperlukan untuk mencapai standard presisi yang ditetapkan sebagai berikut.

$$n = \left(\frac{t}{A}\right)^2 \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h \sqrt{C_n}\right) \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{c_n}\right)$$

Di mana

n = Jumlah sampel (misalnya jumlah plot yang diperlukan)

t = Nilai table Student's t

h = Nomor strata

L = Jumlah strata

Wh = Nh/N

N = Total jumlah unit sampel (plot)

S = Standard deviasi dari strata

A = Kesalahan yang diperkenankan dinyatakan dalam unit rata-rata

Ch = Biaya pemilihan sampel plot pada stratum h Alokasi plot sampel pada masing-masing strata dihitung sebagai nh = nph

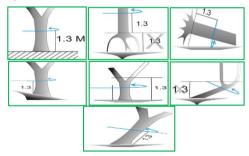
$$nPh = \frac{\left(W_h S_h / \sqrt{C_n}\right)}{\left(\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{C_n}\right)}$$

Di mana:

nh = Jumlah plot pada stratum h

2. Biomassa Tegakan

a. Pengukuran Diamter



Gambar 4.3 Berbagai Cara Melakukan Pengukuran Keliling Pohon Setinggi Dada (Sekitar 1.3 m).

b. Pengukuran Tinggi Pohon

Tinggi pohon kadang-kadang dijadikan parameter penduga dalam estimasi biomassa bersama dengan diameter batang. Pengukuran tinggi pohon cukup mudah apabila dilakukan di

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

area terbuka dengan tegakan yang jarang seperti di daerah savanna atau hutan kering lainnya. Sebaliknya, pengukuran tinggi pohon sulit dilakukan pada hutan dengan tegakan rapat. Pengukuran tinggi pohon dapat dilakukan dengan menggunakan hagameter atau klinometer.

c. Pengukuran Diameter Tajuk

Meskipun jarang digunakan, diameter tajuk kadang digunakan sebagai parameter penduga terutama untuk pohon kecil (*treelets*), anakan pohon, atau pohon pada tingkat pancang (pohon muda dengan diameter >5 cm dan <10 cm diameter). Pengukuran diameter tajuk jarang dilakukan pada tegakan dengan kanopi rapat dan tajuk yang cenderung saling tumpang tindih.

Pengambilan data biomassa akar tidak merupakan bagian yang sulit dan memiliki keakuratan sebaik vang komponen vegetasi lainnya. Penggalian seluruh bagian akar hampir mustahil untuk dilakukan. Demikian juga pemilahan akar-akar yang halus secara individu tanpa tercampur dengan akar dari pohon lain yang ada di sekitarnya.

Karena sulit untuk mengambil sampel, pendekatan yang kerap dipakai adalah dengan menggunakan rasio akar dan batang (*root to shoot ratio*). Pada hakikatnya, rasio akar batang



ini merupakan expansion factor seperti halnya BEF. Dalam hal ini, rasio akar batang menggandakan data dari satuan tegakan ke tegakan juga. Rasio satuan akar batang rasio/perbandingan merupakan antara biomassa akar dengan biomassa atas permukaan. Persamaan untuk mendapatkan estimasi biomassa akar (Root biomass density) antara lain adalah persamaan yang disusun oleh Cairns dkk. (1997).

 $RBD = exp (-1.0587 + 0.8836 \times ln AGB)$

RBD = Biomassa akar (Mg/ha)

AGB = biomassa atas permukaan (Mg/ha)

D. Komponen Vegetasi Lainnya

Komponen vegetasi yang lain adalah tumbuhan bawah dari suatu tegakan hutan atau vegetasi yang tersusun bukan dari jenis-jenis pohon, melainkan dari jenis lain misalnya semak dan herba. Pada komunitas hutan sekunder yang sering mempunyai jenis-jenis pohon berukuran kecil dapat diperlakukan seperti halnya pohon berukuran besar dengan menyesuaikan ukuran plot.

Untuk melakukan sampling herba dan tumbuhan bawah, prosedur dasar yang harus dilakukan adalah sebagi berikut.

1. **Langkah 1**: Letakkan plot berukuran 1 x 1 m di dalam plot untuk pohon.

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

- 2. Langkah 2: Ambil dan kumpulkan semua tumbuhan yang ada dalam plot.
- 3. **Langkah 3**: Timbang berat basahnya.
- 4. Langkah 4: Ambil subsampel secara komposit dari beberapa plot dan timbang berat basahnya.
- 5. Langkah 5: Keringkan subsampel dan timbang berat keringnya.

E. Bahan Organik Mati

Bahan organik mati mencakup kayu mati yang tegak/berdiri. Kayu yang masih mati tumbang, tunggul atau tunggak, dan serasah. Kayu mati yang masih berdiri diperlakukan seperti pohon hidup memperhatikan dengan tingkat dekomposisinya. Kayu mati tegak diambil sampelnya kuadrat plot seperti dengan halnya pohon. Sedangkan kayu mati yang sudah tumbang dengan diameter >10 cm diambil sampelnya dengan transek garis. Untuk serasah dan kayu mati dengan diameter <10 cm dilakukan pengumpulan sampel dengan plot kuadrat.

Program Forest Inventory Analysis dari Forest Service USDA mempunyai istilah down woody material yang secara definisi kurang lebih sama dengan bahan organik mati dengan penambahan semak dan herba hidup dan yang mati, dan serpihan kayu (slash and pile). Data down woody material ini selain merupakan data analisis untuk menentukan "kesehatan" hutan juga bisa dimanfaatkan untuk menghitung karbon.

Down woody material ini terdiri dari serpih kayu kasar, serpih kayu halus, humus, serasah, sisa potongan/gergajian (jika ada kegiatan pembalakan), semak hidup dan mati, herba hidup dan mati.

1. Kayu Mati Tegak

Kayu mati tegak diukur diameternya dan dicatat tingkat dekomposisinya. Tingkat dekomposisi bisa dilihat dari cabang dan ranting yang masih tersisa. Empat tingkat dekomposisi tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Kayu mati tegak dengan cabang dan ranting, seperti pohon hidup tetapi tidak berdaun.
- b. Kayu mati dengan cabang besar dan kecil tetapi tanpa ranting.
- c. Kayu mati hanya dengan cabang besar.
- d. Kayu mati hanya batang utama.

Jika tersedia persamaan allometrik untuk pohon mati, biomassa dapat dihitung dengan persamaan tersebut. Jika tidak tersedia, perlakuan untuk pohon mati dapat disamakan dengan pohon hidup dengan mengeliminasi komponen yang hilang. Khusus untuk kayu mati dengan hanya meninggalkan cabang utama, apabila kondisinya sudah sangat lapuk dapat diperlakukan seperti kayu mati yang rebah. Untuk itu, harus dicatat tinggi batang dan diameter pada pangkal batang.

Pearson dan Brown (2004, dalam Sutaryo, 2009) menggunakan langkah-langkah berikut

untuk melakukan estimasi biomassa dari pohon mati yang masih tegak.

- a. Langkah 1: Untuk kelas dekomposisi tingkat 1,
 2, dan 3 estimasi biomassa pohon dengan menggunakan persamaan yang sama dengan pohon hidup.
- b. **Langkah 3:** Untuk kelas satu, kurangi biomassa dengan biomassa daun (sekitar 2% 3% dari total biomassa atas permukaan untuk pohon berdaun lebar dan 5% 6% untuk pohon berdaun jarum).
- c. Langkah 4: Untuk kelas dekomposisi 2 dan 3, proporsi bagian pohon yang hilang harus diestimasikan. Estimasi cabang dan ranting yang hilang berkisar 15% 20% dari total biomassa.
- d. Langkah 5: Jika hanya batang yang tersisa (kelas dekomposisi 4), volume pohon dihitung dengan menggunakan DBH dan pengukuran tinggi pohon dan estimasi diameter ujung Volume batang. dihitung dengan seperti menghitung menggunakan rumus terpancung. volume kerucut yang volume penghitungan dihitung dengan mengkonversi volume dan berat jenis kayu. Untuk mengetahui berat jenis kayu dapat dilakukan pengambilan sampel.

2. Kayu Mati Tumbang/Rebah

Untuk menghitung biomassa dari kayu mati dapat menggunakan metode seperti dijelaskan oleh Hairiah dkk. (2001). Caranya adalah dengan menggunakan plot yang berbentuk persegi panjang dengan 5 m x 40 m. Semua kayu mati yang ada di dalam plot dengan diameter >5 cm dan panjang minimal 0,5 meter dinkur diameternya. Jika ada sebagian kayu berada di luar plot, panjang kayu yang diukur adalah yang berada dalam plot. Prinsip pengukuran digambarkan pada gambar 4.4. Selain dilakukan pengukuran diameter juga dicatat tingkat pembusukan. Untuk masing-masing tingkat pembusukan diambil sampel untuk mengetahui berat jenisnya. Biomassa dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$B = \pi * D^2 * h^* s/40$$

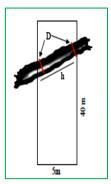
Di mana:

B = Biomassa (kg)

h = Panjang kayu (m)

D = Diameter kayu (cm)

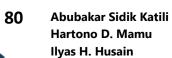
s = Berat jenis (g/cm3) dan nilai 40 adalah konstanta.



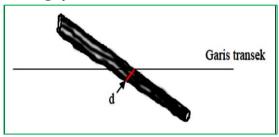
Gambar 4.4 Cara Mengukur Diameter untuk Menghitung Biomassa Kayu Mati Tumbang dengan Pendekatan Plot Persegi Panjang.

Alternatif kedua untuk menghitung biomassa kayu mati rebah adalah dengan menggunakan metode line transek (Wagner, 1968). Langkahlangkah pengukuran lapangannya adalah sebagai berikut.

- a. **Langkah 1:** Letakkan dua garis sepanjang 50 m dalam satu garis lurus atau menyudut.
- b. **Langkah 2:** Ukur diameter dari kayu-kayu yang berukuran >10cm yang memotong garis
 - 1) Ukur apabila garis sampling memotong setidaknya 50% dari diameter.
 - Jika kayu berongga di tengah, ukur juga diameter rongganya untuk mengurangi volume lobangnya.
- c. Langkah 3: Kategorikan masing-masing potongan kayu mati kedalam kelas-kelas kepadatan (setidaknya tiga kelas).
- d. **Langkah 4:** Kumpulkan contoh kayu mati yang dianggap mewakili dari masing-masing kelas kepadatan.



- e. Langkah 5: Potong dengan gergaji satu lingkaran penuh dari kayu mati yang telah dipilih dan ukur rata-rata diameter dan ketebalannya untuk mengestimasi volume.
- f. Langkah 6: Keringkan potongan-potongan contoh kayu mati untuk menentukan berat keringnya.



Gambar 4.5 Prinsip Pengukuran Diameter Kayu Mati Tumbang pada Metode Transek Garis.

Untuk analisis data dari sampling kayu mati rebah dijalankan lagkah langkah sebagai berikut (Pearson dan Brown, 2004).

a. Langkah 1: Hitung berat jenis kayu dari masing-masing sampel tingkat dekomposisi (setidaknya tiga tingkat yaitu segar, sedang, dan busuk) dari sampel kayu mati rebah dengan rumus sebagai berikut.

Berat jenis (g/cm³) =
$$\frac{\text{Berat (g)}}{\text{Volume (cm}^3)}$$

b. **Langkah 2:** Untuk masing-masing dekomposisi volume dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Volume (m³) =
$$\pi 2 \times \left[\frac{d_1^2 + d_2^2 + ... + d_n^2}{8 L} \right]$$

Di mana:

d1², d2² = diameter kayu rebah yang berpotongan dengan garis transek

L = panjang transek

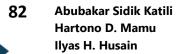
c. Langkah 3: Biomassa kayu mati rebah (t/ha)= volume x berat jenis.

3. Serasah

Serasah didefinisikan sebagai bahan organik mati yang berada di atas tanah mineral. Hanya kayu mati yang ukuran diameternya kurang dari 10 cm dikategorikan sebagai serasah. Serasah umumnya biomassanya diestimasi dengan metode pemanenan/pengumpulan. Serasah bisa dipilahkan lagi menjadi lapisan atas dan bawah. Lapisan atas disebut serasah yang merupakan lapisan di lantai hutan yang terdiri dari guguran daun segar, ranting, serpihan kulit kayu, lumut dan lumut kerak mati, dan bagian-bagian buah dan bunga. Lapisan di bawah serasah disebut dengan humus yang terdiri dari serasah yang sudah terdekomposisi dangan baik.

Langkah-langkah untuk pengambilan sampel serasah adalah sebagi berikut.

- a. Langkah 1: Letakkan plot ukuran 1 x 1 m.
- b. **Langkah 2:** Kumpulkan serasah yang ada di dalam plot.



- c. Langkah 3: Timbang berat basah serasah.
- d. **Langkah 4:** Ambil subsampel yang berupa campuran dan timbang berat basahnya.
- e. **Langkah 5:** Keringkan sub sampel, timbang berat keringnya dan hitung berat kering keseluruhan sampel.



Tingkat Degradasi Ekosistem *Mangrove* di Desa Tabongo Kabupaten Boalemo

vegetasi hutan sangat penting dalam meresapkan air hujan ke dalam tanah potensi aliran menurunkan permukaan meningkatkan suplai air tanah yang tersimpan di dalam akuifer. Keluarnya air tanah dari rekahan batuan akuifer membentuk mata air yang menjamin aliran massa air pada daerah aliran sungai. Lebih jauh lagi, hutan sebagai cathment area juga berperan dalam menjaga stabilitas ekosistem kawasan hilir. Luasnya daratan pulau Kalimantan turut mengkontribusi luasnya cathment area, namun seiring kerusakan

daerah tangkapan air, potensi resapan air hujan makin berkurang dan berubah.

Kawasan pesisir sering dimanfaatkan sebagai lahan multifungsi karena berbagai aktivitas oleh manusia yang terjadi di dalam lingkungan kawasan baik tersebut. yang selaras maupun saling bertentangan kepentingan. Letaknya yang berbatasan dengan dua habitat (habitat air tawar dan habitat lautan) menyebabkan perairan pesisir ini mengalami berbagai tekanan, baik yang berasal dari daratan maupun dari pesisir sendiri akibat pemanfaatan habitat air tawar, lautan dan pesisir. Meskipun perairan pesisir merupakan habitat yang sempit di antara pengaruh air tawar dan air asin, namun keberadaannya memegang peranan yang penting bagi kehidupan dua habitat tersebut.

A. Tingkat Degradasi *Mangrove* di Desa Tabongo berdasarkan Kerapatan Spesies

Pada tabel 5.1 menunjukan nilai kerapatan mangrove tingkat sapling sebesar 4861,9/ha. Berdasarkan kriteria baku kerusakan hutan mangrove sesuai KepMen LH No. 201 Th. 2004, maka kondisi mangrove di kawasan pesisir Desa Tabongo, Boalemo, dikategorikan baik - sangat padat karena memiliki kerapatan >1500 pohon/ha, sedangkan untuk mangrove tingkat pohon memiliki kerapatan sebesar 767,45/ha yang termasuk kriteria rusak jarang karena kerapatannya <1000 pohon/ha.

Tabel 5.1 Nilai Kerapatan dan Kriteria Kerusakan *Mangrove* Desa Tabongo, Kabupaten Boalemo.

Tingkat	Kerapatan Seluruh Spesies/ha	Kriteria Keruasakan <i>Mangrove</i> (Kepmen.LH No.201 Thn 2004)	
Pohon	767,45	Rusak	<1000/ha
Sapling	4861,9	Padat	>1500/ha

(Sumber Data: Hasil perhitungan oleh peneliti)

B. Tingkat Degradasi Mangrove di Desa Tabongo berdasarkan Luas Tutupan

a. Luas penutupan Suatu Jenis (Ci)

Pada tabel 5.2 berikut menunjukkan luas tutupan pada tingkat pohon berkisar antara 5,4 m²-6,9 m², sedangkan untuk luas tutupan tingkat sapling berkisar antara 5,7 m² - 14,8 m². Untuk luas total tutupan tingkat pohon sebesar 24,45 m²/ha, sedangkan untuk tingkat sapling sebesar 46,16 m²/ha.

Tabel 5.2 Nilai Tutupan *Mangrove* Tingkat Pohon dan *Sapling*

Desa Tabongo, Kabupaten Boalemo.

Spesies Mangrove	Luas Tutupan Suatu Jenis (M²)	
	Pohon	Sapling
Rhizophora apiculata Blume	6,9	14,8
Rhizopora mucronata Lamk	6,45	14,6
Ceriops tagal	5,4	5,79
Bruguiera gymnorrhiza	5,7	10,97
Total Luas Tutupan	24,45	46,16

(Sumber Data: Hasil perhitungan oleh peneliti)

b. Luas Tutupan Relatif Suatu Jenis (RCi)

Berdasarkan tabel 4. berikut menunjukkan nilai luas tutupan relatif untuk tingkat sapling pada spesies Rhizophora apiculata Blume sebesar 32,06%, Rhizopora mucronata Lamk sebesar 31,63%, Ceriops tagal sebesar 12,54% dan Bruguiera gymnorrhiza sebesar 23,77%, sedangkan untuk tingkat pohon luas tutupan relatif pada spesies Rhizophora 28,22%, Blume sebesar apiculata Rhizopora mucronata Lamk sebesar 26,38%, Ceriops tagal sebesar 22,09% dan Bruguiera gymnorrhiza sebesar 23,31%. Berdasarkan nilai-nilai tutupan relatif setiap spesies tersebut, baik untuk tingkat sapling dan tingkat pohon. Jika dikonfirmasi dengan kriteria kerusakan *mangrove* pada Kepmen. LH no. 201 tahun 2004, maka kondisi mangrove yang ada di Desa Tabongo termasuk dalam kriteria rusak karena karena memiliki nilai tutupan < 50%/ha.

Tabel 5.3 Nilai Tutupan Dan Kriteria Kerusakan *Mangrove* Desa Tabongo, Kabupaten Boalemo

Carata	Luas Tutupan Relatif (%)		Kriteria Kerusakan	
Spesies Mangrove	Sapling	Pohon	Mangrove (Kepmen. LF No. 201 Thn 2004	
Rhizophora apiculata Blume	32.06	28.22	Rusak < 50%	
Rhizopora mucronata Lamk	31.63	26.38	Rusak < 50%	
Ceriops tagal	12.54	22.09	Rusak < 50%	
Bruguiera gymnorrhiza	23.77	23.31	Rusak < 50%	

(Sumber Data: Hasil perhitungan oleh peneliti)



Kondisi hutan mangrove yang mengalami degradasi atau kerusakan dapat berdampak terhadap penurunan kualitas lingkungan untuk sumber daya hayati pesisir serta terjadinya erosi pantai. Hal ini pada tahapan selanjutnya dapat menimbulkan kerusakan tempat pemijahan dan daerah asuhan ikan, berkurangnya populasi biota air, serta menurunnya produktivitas tangkap udang. Semua kerusakan biofisik lingkungan tersebut adalah gejala yang terlihat dengan kasat mata dari hasil interaksi antara manusia dengan sumber daya pesisir yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah kelestarian dan daya dukung lingkungannya. Sehingga permasalahan yang terjadi adalah mekanisme pengelolaan kawasan peisir yang tidak efektif dalam memberi manfaat disubstitusi dengan sumber daya alam lainnya dan meminimalisir faktor-faktor vang menimbulkan kerusakan di wilayah pesisir itu sendiri.

Tutupan mangrove pada yang terdapat di lokasi penelitian secara signifikan menunjukkan degradasi. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh proses alami yang suksesi adanya sedang berlangsung dan adanya penggunaan lahan untuk berbagai aktivitas seperti penggunaan lahan untuk tambak, kawasan pemukiman, pengambilan kayu mangrove untuk kebutuhan bangunan dan kayu bakar.

Adanya degradasi tutupan mangrove dapat menyebabkan produksi serasah mangrove menurun dan hal tersebut dapat berdampak negatif pada proses daur hara di kawasan ini. Selain kurangnya itu, tutupan mangrove menyebabkan proses sedimentasi material yang mengandung hara yang terbawa oleh aliran sungai menjadi kurang. Diketahui bahwa perakaran mangrove dapat menahan material tersebut yang masuk ke dalam hutan mangrove, berkurangnya tumbuhan dengan tutupan mangrove, menyebabkan menurunnya bahkan hilangnya perakaran mangrove sehingga material yang mengandung hara akan terus hanyut dan tidak lagi tertahan di dalam komunitas mangrove. Kondisi tersebut pada tahapan selanjutnya dapat menyebabkan meningkatnya tekanan ekologis yang berdampak secara luas kepada kerusakan mangrove, baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

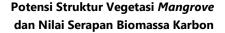
Kondisi *mangrove* yang terdapat di Desa Tabongo, Boalemo memperlihatkan adanya luasan tutupan pada tingkat pohon yang tergolong rusak berat. Tutupan lahan pada tingkat pohon ini memiliki kerapan yang termasuk dalam kriteria rusak berat. Kondisi yang sama juga terlihat pada tingkat *sapling*.



Dengan adanya fakta/kondisi yang ada kawasan *mangrove* Desa Tabongo, Boalemo maka dapat diprediksi dalam beberapa periode waktu yang akan datang keadaan ideal *mangrove* di kawasan ini akan terus mengalami penurunan yang signifikan.

Daftar Pustaka

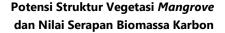
- Abdi, H. (2003). *Partial Least Squares (PLS) Regression. Lewis-Beck M, Bryman A, Futing T, Eds.* Encyclopedia of Social Sciences Research Methods. Thousand Oaks (CA): Sage.
- Ahmad, F. Timban, J. dan Suzana, B. (2011). "Valuasi Ekonomi Hutan *Mangrove* di Desa Palaes Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara." *Jurnal ASE*, 7 (2), 5-11.
- Aksornkoae S. (1993). *Ecology and Management of Mangrove*. Bangkok (TH): IUCN.
- Anwar, Gunawan, Hendra. (2006). "Peranan Ekologis dan Sosial Ekonomis Hutan *Mangrove* dalam Mendukung Pembangunan Wilayah Pesisir". Ekspose hasil-hasil penelitian. Padang, 20 September 2006.
- Baderan, Dewi W.K. (2017). *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*. Yogyakarta: Deepublish
- Basmi, H. J. (2000). "Planktonologi: Plankton sebagai Indikator Kualitas Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan". *Institut Pertanian Bogor*. Bogor.
- Bengen, D. G. (2001). "Pedoman Teknik Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Laut". *Institut pertanian*.
- Bengen, D. G. (2002). *Pedoman Teknik Pengenalan Dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Laut. Institut pertanian Bogor. Bogor.
- Cairns, Michael A., Sandra Brown, Eileen H. Helmer, Greg A. Baumgardner. (1997). *Root biomass allocation in the world's upland forests*. Oecologia (1997) 111:1 -11.
- Dharmawan, I Wayan Susi, dan Chairil Anwar Siregar. (2008). "Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan Avicennia marina (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta". Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. 5 (4), 317-328.



- Eni DD, Iwara AI, Offiong RA. (2011). "Analysis of Soil-Vegetation Interrelationships in South-Southern Secondary Forest of Nigeria". *J Forest Resear.* (2012):1-8. doi:10.1155/2012/469326.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [FAO] Food and Agricultural Organization of United Nations. (2007). The World's *Mangrove* 1980-2005: A Thematic Study in The Framework of The Global Forest Assestment 2005. Rome (IT): FAO.
- Geladi, P., dan Kowlaski, B. (1986). "Partial Least Square Regression: A Tutorial." *Analytica Chemica Acta*. XXXV: 1–17.
- Ghufrona, Ghina. 2015. "Ekosistem *Mangrove*: Faktor-Faktor Lingkungan yang Memengaruhi *Mangrove*". Available at: http://ghinaghufrona.blogspot.com/2015/03/ekosistem-mangrove-faktor-faktor.html.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., R. R. Sari., Rahayu, S. (2011). "Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Benteng Lahan. Petunjuk Praktis". Edisi Kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia. [Online] Tersedia di: http://www.fordamof.org//files/pedoman%20peng ukuran%20karbon.pdf. Diakses tanggal 4 mei 2020.
- Hilmi, Endang, dan Asrul Sahri Siregar. (2006). "Model Pendugaan Biomassa Vegetasi *Mangrove* di Kabupaten Indragiri Hilir Riau". *Biosfera*. 23 (2), 77-85.
- Indriyanto. (2006). *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara Jakarta. Indriyanto. (2008). *Ekologi Hutan*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: *The Physical Science Basis*. IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IntergovernmentalPanel on Climate Change Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L.



- Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. http://www.ipcc.ch
- Irwanto. (2006). *Keanekaragaman Fauna pada Habitat Mangrove*. Yogyakarta. *Mangrove* di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Jesus, de Antonio. (2012). "Kondisi Ekosistim Mangrove di *Subdistrict* Liquisa Timor-Leste". *Depik.* 1(3), 136-143.
- Komiyama, A., Jin Eong Ong, Poungparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of *mangrove* forests: A review. Jurnal. *Aquatic Botany* 128-137. Diakses tanggal 22 aprilr 2020.
- Kusmana C. (2011). Ekosistem *Mangrove* dan Kesejahteraan Masyarakat Pesisir [Internet]. [diacu 2020 April 28]. Tersedia dari: http://cecep_kusmana.staff.ipb.ac.id
- Kristensen, Erik. 2008. "Mangrove Crabs as Ecosystem Engineers; with Emphasis on Sediment Processes". *Journal of Sea Research*. 59, 30-43.
- Linggula, Meyke S. (2014). "Potensi Nilai Biomassa *Mangrove* Spesies *Rhizophora Mucronata* Lamk. di Wilayah Pesisir Desa Torosiaje Kecamatan Popayato Kabupaten Pohuwato". *Skripsi*. Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Misra KC. (1980). *Manual of Plant Ecology (second edition)*. New Delhi (IN): Oxford and IBH Publishing Co.
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Canada (CA): J Wiley.
- Noor, Yus Rusila, M. Khazali, dan I N. N. Suryadiputra. (2006). Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Odum, E. HLM. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemahan oleh Tjahjono Samingan dari Buku Fundamentals of Ecology. Yogyakarta. Gadjah Mada Universitas.
- Plantamor. (2008). Plantamor Situs Dunia Tumbuhan, Data Tumbuhan. http://plantamor.com. Diakses: 25 April 2020.



- Purnobasuki, Hery. (2012). "Pemanfaatan Hutan *Mangrove* sebagai Penyimpan Karbon". *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 28, 1-6.
- Richard PW. (1966). *The Tropical Rain Forest an Ecological Study*. London (UK): Cambridge University Press.
- Saefulhakim RS. (2000). Permodelan Perencanaan Pengembangan Sumberdaya Lahan. Bogor (ID): Fakultas Pertanian IPB.
- Saparinto, C. (2007). *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Dahara Priza. Semarang.
- Saputro. (2009). *Peta Mangroves Indonesia*. Bogor (ID): Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut.
- Smith RL. (1977). *Element of Ecology (second edition)*. New York (US): Harper and Row Publishers.
- Soedibjo, Bambang S. (2008). "Analisis Komponen Utama dalam Kajian Ekologi". *Oseana*. XXXIII (2), 43–53.
- Soegianto, A. (1994). Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional.
- Soerianegara I, dan Cecep Kusmana. (1993). "Sumber Daya Hutan Mangrove di Indonesia". Bogor (ID), Fakultas Kehutanan IPB.
- Soeroyo. (1993). "Pertumbuhan *mangrove* dan permasalahannya". *Buletin Ilmiah INSTIPER*. IV (2): 206–219.
- Sukardjo S. 1984. "Ekosistem Mangrove". Oseana. IX (4), 102-115.
- Suryani, Nimas Ayu dan Endah Dewi Hastuti, Rini Budihastuti. (2018). "Kualitas Air dan Pertumbuhan Semai Avicennia marina (Forsk.) Vierh pada Lebar Saluran". Buletin Anatomi dan Fisiologi. 3 (2), 207-214.
- Sutaryo, Dudun. (2009). Perhitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor. [Online] Tersedia di: http://wetlands.or.id/PDF/buku/



Penghitungan%2520Biomassa.pdf. Diakses tanggal 25 april 2020.

Winarno I. (1996). Keterkaitan Struktur Komunitas Molusca dengan *Mangrove* di Kawasan Perairan P. Nusa Lembongan, Nusa Penida – Bali. Bogor (ID): Fakultas Perikanan IPB.

98

Glosarium

Alometrik (persamaan): Suatu fungsi atau persamaan matematika yang menunjukkan hubungan antara bagian tertentu dari makhluk hidup dengan bagian lain atau fungsi tertentu dari makhluk hidup tersebut. Persamaan tersebut digunakan untuk menduga parameter tertentu dengan menggunakan parameter lainnya yang lebih mudah diukur.

Biomassa: Total berat/massa atau volume organisme dalam area atau volume tertentu. (IPCC glossary). Total berat kering dari seluruh makhluk hidup yang dapat didukung pada masing-masing makanan. (EPA tingkat rantai glossary). Keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik baik yang hidup maupun yang mati, baik yang ada di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah, misalnya pohon, hasil panen, rumput, serasah, akar, hewan dan sisa/kotoran hewan. (EPA glossary)

DBH: *Diameter Breast Height*, diameter setinggi dada atau kurang lebih 1.3 m dari permukaan tanah. Metode mengukur pohon dalam penelitian ekologi hutan, penelitian biomassa, atau pendataan potensi hutan.

GBH: *Girth Breast Height*. Keliling pohon setinggi dada. Variasi lain dalam pengukuran pohon selain

Potensi Struktur Vegetasi *Mangrove* dan Nilai Serapan Biomassa Karbon

- DBH. Dalam praktiknya pengukuran GBH lebih sering dilakukan dan hasilnya dikonversikan menjadi DBH.
- Basal area: Luas batang pohon yang dihitung dari DBH. Luas keseluruhan basal area per satuan luas menunjukkan nilai dominansi dari tumbuhan tersebut.
- **Dekomposis**i: Penguraian. Dalam hal ini penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik melalui proses fisika, kimia atau biologi. Pembusukan bahan organik diamati.
- **Densitas**: Kerapatan. Nilai yang menunjukkan jumlah individu persatuan luas.
- **Densitas biomassa**: *Biomass density*, jumlah biomassa per satuan luas
- Expansion factor: suatu faktor atau nilai yang menggandakan suatu jumlah nominal tertentu (volume atau biomass) yang mencakup 1 atau beberapa bagian pohon ke jumlah nominal lainnya yang mencakup keseluruhan pohon
- **BEF**: *Biomass Expansion Factor*, faktor yang menggandakan biomassa batang ke biomassa keseluruhan pohon.
- **VEF**: *Volume expansion factor.*
- **GPG LULUCF**: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change, and Forestry.
- **Herba**: Tumbuhan dengan batang basah atau tidak berkayu. Umumnya berupa tumbuhan semusim.



- Humus: Lapisan bahan organik di lantai hutan yang sudah terdekomposisi sebagian besar. Bedanya dengan serasah adalah serasah masih segar atau sangat sedikit terdekomposisi. Salah satu indikator sudah mengalami dekomposisi adalah bahan yang ada tidak lagi mempunyai bentuk seperti bentuk asalnya.
- In situ: Frasa latin yang artinya di tempatnya. Dalam kaitannya dengan pengukuran atau penelitian in situ berarti dilaksanakan langsung di tempatnya (tidak dibawa keluar lokasi misalnya ke laboratorium)
- **Karbon**: Unsur kimia yang dengan simbol C dan nomor atom 6
- **Siklus Karbon**: Istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan perubahan karbon (dalam berbagai bentuk) di atmosfer, laut, biosfer terrestrial, dan deposit geologis.
- **Kantong karbon**: *Carbon pool*. Tempat atau bagian ekosistem yang menjadi tempat karbon tersimpan.
- **Pancang**: Tingkatan pohon setelah tingkatan semai (*seedling*). Pada komunitas hutan *tropic* basah berupa pohon muda dengan diameter 2 cm hingga sekitar 8 atau 10 cm. Pada iklim yang lebih kering diameter 10 cm mungkin tidak lagi tergolong *sapling* karena rata-rata diameter pohon di komunitas tersebut lebih kecil.
- Paku: Secara taksonomi paku merujuk pada tumbuhan pteridophyta yakni suatau kelompok

- tumbuhan yang tidak berbiji melainkan berspora. Jika lumut belum dapat dibedakan antara batang, akar, dan daun, maka paku sudah terdeferensiasi dengan sempurna menjadi akar batang dan daun.
- **Palem**: istilah umum untuk menyebut tumbuh yang memiliki batang menyerupai kelapa atau sejenisnya. Secara taksonomi palem merujuk pada anggota-anggota dari *familia arecaceae* atau *palmae*.
- **Panen**: Pengambilan sebagian atau keseluruhan bagian tumbuhan untuk pengukuran biomassa. Metode pemanenan ini sering disebut dengan metode *destructive sampling*.
- **Sampel**: Cuplikan, contoh. Bagian dari objek penelitian yang diukur atau diambil untuk analisis.
- **Semak**: Tumbuhan berkayu berukuran kecil atau berbatang pendek umumnya mempunyai cabangcabang yang sangat banyak dan tidak merupakan tanaman semusim.
- **Serasah**: Kumpulan bahan organik di lantai hutan yang belum atau sedikit terdekomposisi. Bentuk asalnya masih bias dikenali atau masih bias mempertahankan bentuk aslinya (belum hancur).
- **Tegakan**: komunitas tumbuhan (pohon) pada area tertentu.
- **Tumbuhan bawah**: tumbuhan bukan pohon yang tumbuh di lantai hutan. Dapat berupa herba, semak atau liana.



Tentang Penulis



Abubakar Sidik Katili, S.Pd., M.Sc. Penulis dilahirkan di Gorontalo pada tanggal 17 Juni 1979, anak ke-4 dari empat bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Gorontalo. Pendidikan sarjana ditempuh pada program Studi

Pendidikan Biologi IKIP Negeri Gorontalo pada tahun 2003. Penulis menyelesaikan Program Magister Biologi pada Program Pascasarjana Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2009.

Saat ini penulis sementara menyelesaikan program doktor dalam bidang Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam pada program Pascasarjana Universitas Negeri Gorontalo. Penulis merupakan dosen tetap pada program Studi Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo dan mengampu mata kuliah antara lain: Ekologi, Biodiversitas Zoologi Konservasi. Biostatistika. Invertebrata, Metodologi Penelitian Biologi, Ekologi Pesisir, Lingkungan, Ilmu Pengetahuan Lingkungan, Pengantar Ilmu Lingkungan (Fakultas Ilmu Sosial), Ekologi Pangan, Ilmu Alamiah Dasar, Pembelajaran Berbantuan Komputer, Manajemen Sumber Daya Pesisir.

103

Penulis juga aktif sebagai peneliti dan sebagai penulis buku dan *author* dalam berbagai jurnal ilmiah nasional maupun internasional. Selain itu juga menjadi narasumber dalam berbagai seminar maupun pelatihan terkait bidang ekologi, pendidikan biologi, dan ilmu lingkungan.

Penulis juga aktif dalam berbagai aktivitas pengabdian pada masyarakat dalam kerjasama dengan beberapa NGO dalam dan luar negeri dalam bidang konservasi lingkungan seperti program MFF pada tahun 2014-2015 yang disponsori oleh IUCN, Welands Internasional, DANIDA Kanada. dan JAPESDA Gorontalo serta Program GEF SGP yang disponsori oleh UNDP, YBUL, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Aktivitas pengabdian pada masyarakat lainnya yakni sebagai konsultan peneliti dalam program CEPF yang dilaksanakan oleh Japesda Gorontalo dalam program konservasi mangrove di Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah, serta aktif sebagai konsultan dalam penyusunan berbagai dokumen-dokumen daerah Provinsi Gorontalo dalam bidang Lingkungan salah satu diantaranya adalah sebagai Tim Penyusun Naskah Akademik Peraturan Daerah (Perda) Provinsi Gorontalo tentang Pengelolaan Ekosistem Mangrove.

Penulis pernah menjabat sebagai Sekretaris Pusat Peningkatan Pengambangan Aktivitas Instruksional (P3AI) LP3 UNG tahun 2004–2006, Kepala Pusat Pendidikan dan Pelayanan Masyarakat



(Pusdikyanmas) LPM UNG tahun 2010-2014, Ketua Program studi Biologi FMIPA UNG pada tahun 2016–2019, Sekretaris Pusat Kajian Ekologi Pesisir berbasis Kearifan Lokal (PKEPKL) Jurusan Biologi UNG tahun 2014–sekarang.



Dr. Hartono D. Mamu, M.Pd. Penulis dilahirkan di Gorontalo pada tanggal 09 April 1965. Menyelesaikan Pendidikan jenjang strata 1 di FKIP UNSRAT pada tahun 1990 pada program Studi

Pendidikan Biologi. Selanjutnya menamatkan program pascasarjana pada Program Studi Pendidikan Biologi di UM-Malang pada tahun 2005. Selanjutnya menamatkan pada jenjang S-3 Program Studi Pendidikan Biologi di UM-Malang pada tahun 2013.

Saat ini penulis sebagai dosen tetap di Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. Mata kuliah yang diampu adalah Telaah Pembelajaran Kurikulum, Perencanaan Biologi, Evaluasi Proses dan Hasil Belajar Biologi, Pengantar Pendidikan, Ekologi Pesisir, Biologi Umum, Biostatistika, Limnologi, Ilmu Lingkungan, Iktiologi. Penulis saat ini juga aktif dalam penulisan berbagai ilmiah baik karya tulis nasional maupun internasional. Penulis juga sebagai narasumber dalam berbagai kegiatan pengabdian masyarakat.



Ilyas H. Husain, S.Pd., M.Pd. Penulis dilahirkan di Sulawesi Tengah, 2 September 1989. Penulis adalah anak ke-5 dari enam bersaudara. Penulis saat ini tinggal di Gorontalo.

Pendidikan sarjana ditempuh pada program studi Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Gorontalo dan tamat pada tahun 2014. Selanjutnya penulis diterima pada program pascasarjana tahun 2015 di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Gorontalo dan lulus pada tahun 2017.

Saat ini penulis sebagai dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. Mata kuliah yang diampu antara lain: Ekologi, Biologi Umum, Srategi Pembelajaran, IAD, Limnologi, Ilmu Lingkungan, Telaah Kurikulum, ANVEG, Strategi Pembelajaran Biologi, dan Keanekaraman Hewan I. Penulis juga aktif dalam penulisan jurnal ilmiah nasional dan aktif dalam berbagai kegiatan pengabdian kepada masyarakat.