Analisis Vegetasi, Estimasi Biomassa dan Stok Karbon Ekosistem Mangrove Pesisir Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka

Analysis on Vegetation, Biomass and Carbon Stock Estimation of Mangrove Ecosystem in Coastal Line of Latambaga District, Kolaka Regency

La Ode Abdul Fajar Hasidu^{1*}, Arif Prasetya², Maharani¹, Asni², Agusriyadin³, Azhar Aras Mubarak⁴, Akhmad Fadli Ibrahim⁵, Sudarwin Kamur⁶, dan Gaby Nanda Kharisma⁶

^{1*}Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kampus B, Jl. Jend. Sudirman, Buton Tengah-Indonesia. 93762

² Jurusan Ilmu Perikanan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kampus B, Jl. Jend. Sudirman, Buton Tengah- Indonesia. 93762

³Jurusan Kimia, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, jl. Pemuda, Kolaka- Indonesia. 93511.

⁴Jurusan Teknik Perkapalan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kampus B, Jl. Jend. Sudirman, Buton Tengah- Indonesia. 93762

⁵Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kampus B, Jl. Jend. Sudirman, Buton Tengah- Indonesia. 93762

⁶Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, jl. Pemuda, Kolaka- Indonesia. 93511.

*Corresponding author** : fajarhasidu90@gmail.com

ABSTRACT

Study of vegetation analysis, biomass estimation and carbon stock of mangrove ecosystem are important to determine the ecosystem condition as well as the ability of mangrove ecosystem to absorb and store carbon into their biomass. The aims of study was to know the condition of mangrove vegetation, percentage of coverage, above ground biomass (AGB), as well as blue carbon stock potential of mangrove vegetation in the coastal line of Latambaga District, Kolaka Regency. This study was conducted in August, 2019. The study used kuadran transect method to measure the vegetation and then compared it with *hemispherichal photography* method. This method was used to calculate the percentage of mangrove coverage based on pixel separation between sky pixel and vegetation pixel. The AGB data was calculated by steam diameter data (Diameter at Breast High/DBH) and allometric equation on each species. The carbon stock data was calculated by the C constanta from organic matter, and AGB data. The result showed that the highest mangrove density respectively were in station II (5299,99 ind/ha²), station I (3466,66 ind/ha²), and station III (3066,66 ind/ha²). The percentage of mangrove coverage based on canopy pixel shows the same figure with mangrove density where the highest percentage of mangrove coverage was in station II (84,0716%), station I (81,5368%), and statiton III (80,9978%) respectively. The mangroves ecosystem in this location was in the good condition with a high density and high percentage of mangrove coverage. The composition of mangrove vegetation in this location was dominated by *Rhizophora apiculata* and *Rhizophora mucronata* with the weaning (DBH < 10 cm) and pole (DBH < 20 cm) category. Although on the good condition, mangroves ecosystem in the coastal line of Latambaga district still has a threat of land use change such as pond. The highest of AGB was in station 1 (226,76 ton/ha), followed by station 3 (181,47 ton/ha), and station 2 (76,06 ton/ha) respectively. Blue carbon stock was directly proportional to the AGB data. The highest total of blue carbon stock was in station 1 (106,57 ton/ha), followed by station 3 (85,29 ton/ha), and station 2 (35,75 ton/ha) respectively.

Keywords: *Mangroves, vegetation, AGB, carbon stock*

ABSTRAK

Studi analisis vegetasi, estimasi biomasa dan stok karbon ekosistem mangrove sangat penting dilakukan untuk menentukan kondisi ekosistem dan kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap karbon dan menyimpannya ke dalam biomasanya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi vegetasi mangrove, persentase tutupan vegetasi, status biomassa permukaan (AGB), serta potensi stok karbon yang tersimpan di vegetasi mangrove di pesisir Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2019. Metode penelitian menggunakan transek kuadrat untuk menghitung kerapatan mangrove, selanjutnya dibandingkan dengan metode *Hemispherical Photography* untuk mengukur persentase penutupan vegetasi mangrove berbasis pemisahan antara pixel langit dan pixel vegetasi. Data AGB dihitung berdasarkan data diameter batang mangrove (*Diameter at Breast Height/DBH*) dan persamaan allometrik dari setiap spesies. Data stok karbon dihitung dengan menggunakan konstanta karbon dari bahan organik dan data biomassa (AGB). Hasil penelitian menunjukkan, kerapatan mangrove tertinggi secara berturut-turut terdapat di stasiun 2 (5299,99 ind/ha²), stasiun 1 (3466,66 ind/ha²), dan stasiun 3 (3066,66 ind/ha²). Persentase tutupan mangrove berbasis pixel kanopi menunjukkan hasil yang sama dengan kerapatan mangrove, dimana persentase tutupan mangrove tertinggi terdapat di stasiun 2 (84,0716%), stasiun 1 (81,5368%), dan stasiun 3 (80,9978%). Ekosistem mangrove yang ada lokasi tersebut dalam kondisi baik dengan kerapatan dan persentase tutupan yang cukup tinggi. Komposisi penyusun vegetasi mangrove yang ada di Kecamatan Latambaga didominasi oleh mangrove jenis *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata* dengan kelas pertumbuhan sapihan (DBH < 10cm) dan tiang (DBH < 20 cm). Meskipun dalam kondisi yang baik, ekosistem mangrove di pesisir Kecamatan Latambaga mengalami ancaman alih fungsi lahan menjadi tambak. Total AGB tertinggi di stasiun 1 (226,76 ton/ha), diikuti oleh stasiun 3 (181,47 ton/ha), dan stasiun 2 (76,06 ton/ha). Stok karbon berbanding lurus dengan data AGB. Total stok karbon tertinggi juga terdapat pada stasiun 1 (106,57 ton/ha), diikuti oleh stasiun 3 (85,29 ton/ha), dan stasiun 2 (35,75 ton/ha).

Kata kunci: *Mangrove, vegetasi, AGB, stok karbon*

DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jspi.v5n2>.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang terdapat di wilayah pesisir dengan produktivitas yang tinggi (Aksornkoe, 1993), serta memiliki keanekaragaman fauna akuatik yang cukup tinggi (Murniati & Pratiwi, 2015). Hutching & Seanger, (1987) menjelaskan bahwa mangrove merupakan tumbuhan pesisir yang berperan dalam melindungi garis pantai tropis dan subtropis. Mangrove merupakan komunitas tumbuhan di zona pasang surut di pantai tropis yang mampu tumbuh di perairan asin dan payau (Kusmana, 1993; Nybakken, 1992; Jamili, 2019). Mangrove tersebut mampu

membentuk sebuah ekosistem di wilayah pesisir yang sangat produktif.

Selain itu, ekosistem mangrove juga memiliki peranan yang sangat penting dalam memitigasi dampak perubahan iklim (Sharma *et al.*, 2019; Indrayani *et al.*, 2021). Analuddin *et al.*, (2020) menyatakan bahwa ekosistem mangrove berperan penting dalam penyuplai O₂, dan mengabsorpsi CO₂ dari atmosfer. Lebih lanjut, Alongi & Mukhopadhyay (2014), menyatakan bahwa ekosistem ini mampu menyerap dan menyimpan banyak karbon. Karbon yang tersimpan di ekosistem mangrove ini tersimpan dalam bentuk biomassa yang dikenal dengan istilah karbon biru.

Karbon biru merujuk kepada karbon yang terserap serta tersimpan di ekosistem pesisir, laut, serta rawa garam. Menurut Kauffman *et al.*, (2014), mangrove memiliki jasa lingkungan dan peranan yang sangat penting sebagai penyerap dan penimbun karbon di atmosfer. Ekosistem ini memiliki potensi sebagai *carbon stock* yang disimpan dalam bentuk biomasnya, maupun ditimbun di dalam substratnya. Oleh sebab itu, jika eksistensi ekosistem mangrove tersebut mengalami degradasi, maka dapat mempengaruhi fungsi ekosistem mangrove serta mengganggu keseimbangan ekologis yang ada di wilayah pesisir. Untuk mencegah terjadinya degradasi ekosistem mangrove, diperlukan upaya konservasi kawasan ekosistem mangrove.

Ekosistem mangrove yang ada di pesisir Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka merupakan ekosistem mangrove yang sudah terdegradasi akibat perubahan penggunaan lahan menjadi tambak dan pemukiman (Hasidu *et al.*, 2020). Selain itu, ketersediaan data dan informasi mengenai kondisi ekosistem mangrove di lokasi

tersebut juga sangat sedikit. Data Profil KP3K Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 2015, tercatat dua jenis mangrove yang terdapat di Kabupaten Kolaka, dengan tingkatan pertumbuhan semai, anakan dan pohon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi vegetasi, persentase tutupan mangrove, status biomassa permukaan (*AGB*), serta status stok karbon ekosistem mangrove yang ada di Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka, sehingga diharapkan dapat menjadi data dasar mengenai status kondisi ekosistem mangrove, dan status biomassa dan stok karbonnya dalam upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem mangrove di Kabupaten Kolaka.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus, 2019 di ekosistem mangrove Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Secara spasial, lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Peta lokasi penelitian

a. Sampling dan Analisis Vegetasi

Pengambilan data vegetasi mangrove menggunakan plot pengamatan ukuran 100 m² (Jamili *et al.*, 2009; Analuddin *et al.*, 2015). Plot pengamatan diletakkan pada setiap transek 100 m yang diletakkan tegak lurus garis pantai sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 2. Data yang dikoleksi berupa jenis mangrove, dan ukuran DBH.

Gambar 2. Skema transek pengambilan data

Data vegetasi mangrove yang terkumpul dianalisis secara kuantitatif. Setiap parameter kuantitatif dari data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan densitas, frekuensi dominansi, dan indeks nilai penting sebagai berikut

$$K = \frac{\text{Jumlahsuatujenis}}{\text{Luasarealplot}}$$

$$KR = \frac{K_{\text{suatujenis}}}{K_{\text{total seluruh jenis}}} \times 100\%$$

$$F = \frac{\text{Jumlahplotsuatujenisterdapat}}{\text{total seluruh plot pengamatan}}$$

$$FR = \frac{F_{\text{suatujenis}}}{F_{\text{total seluruh jenis}}} \times 100\%$$

$$D = \frac{BA_{\text{suatujenis}}}{\text{luasarealsampel}}$$

$$BA = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times 3,14$$

$$DR = \frac{D_{\text{suatujenis}}}{D_{\text{total seluruh jenis}}} \times 100\%$$

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan: K (Kerapatan); KR (Kerapatan Relatif); F (Frekuensi); FR (Frekuensi Relatif); D (Dominansi); DR (Dominansi Relatif); BA (Basal Area); INP (Indeks Nilai Penting).

b. Analisis Tutupan Vegetasi dengan Hemispherical Photography

Penentuan persentase penutupan vegetasi mangrove menggunakan metode *Hemispherical Photography* yang mengacu kepada Dharmawan & Pramudji (2017) berikut:

1. Setiap plot ukuran 10 m x 10 m dibagi menjadi 4 bagian (5 m x 5 m) untuk pengambilan gambar vegetasi
2. Gambar tutupan vegetasi diambil tegak lurus setinggi dada menggunakan kamera standar minimum 12 Megapixel (MP) dan lensa *fish eye* untuk memperluas bidang pandang.
3. Hasil gambar dianalisis menggunakan *software imageJ* untuk menghitung perbandingan jumlah pixel langit dan pixel vegetasi
4. Data hasil analisis dibandingkan dengan metode analisis vegetasi. Penentuan status kondisi ekosistem mangrove berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (Kepmen-LH) No. 201 tahun 2004.

c. Analisis Biomassa Permukaan (AGB)

Data vegetasi mangrove berupa ukuran DBH digunakan untuk menganalisis biomassa permukaan mangrove (AGB), menggunakan persamaan allometrik yang telah dikembangkan dari setiap spesies yang ditemukan. Persamaan allometrik spesies untuk semua spesies yang diperoleh ditunjukkan pada Table 1.

Tabel 1. Persamaan allometrik mangrove

Spesies	Persamaan allometrik	Referensi
<i>R. apiculata</i>	$W_{top} = 0.268DBH^{2.345}$ $R^2 = 0,93, n = 8$	Analuddin et al., 2018
<i>R. mucronata</i>	$W_{top} = 0.143DBH^{2.519}$ $R^2 = 0,97, n = 8$	
<i>C. tagal</i>	$W_{top} = 0.529DBH^{2.04}$ $R^2 = 0.96, n = 8$	
<i>Sonneratia</i> spp.	$W = 0,258DBH^{2.287}$ $R^2 = 0,91, n = 30$	Kusmana et al., 2018
<i>B. gymnorrhiza</i>	$W_{top} = 0.186DBH^{2.31}$ $R^2 = 0.99, n = 17$	Clough and Scott, 1989

d. Analisis Stok Karbon

Estimasi stok karbon ekosistem mangrove yaitu dengan mengalikan nilai konstanta karbon dari bahan organik (0,47) dengan biomassa mangrove yang diperoleh. Metode estimasi stok karbon tersebut mengacu kepada metode IPCC 2008 dalam Analuddin et al., (2020) berikut:

$$\text{Stokkarbon} = 0,47 \times \text{biomassa}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

a. Struktur Vegetasi Mangrove

Hasil analisis struktur vegetasi mangrove di ekosistem mangrove Kecamatan Latambaga menunjukkan ukuran diameter batang yang berbeda di setiap stasiunnya. Kelas ukuran DBH ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Struktur vegetasi berdasarkan kelas ukuran DBH

Tabel 2. Struktur vegetasi ekosistem mangrove di Kecamatan Latambaga

St	Tingkatan Vegetasi	No	Nama Spesies	Σ indv	K (ind/ha)	KR (%)	FR (%)	DR	INP (%)
I	Sapihan	1	<i>R. apiculata</i>	26	866,66	52	37,50	59,35	148,85
		2	<i>C. tagal</i>	21	700,00	42	37,50	35,07	114,57
		3	<i>B. gymnorrhiza</i>	3	100,00	6	25,00	5,56	36,56
			Total	50	1666,66	100	100	100	300
	tiang	1	<i>R. apiculata</i>	49	1633,33	90,74	42,85	92,09	225,68
		2	<i>C. tagal</i>	4	133,33	7,40	42,85	6,54	56,80
		3	<i>R. mucronata</i>	1	33,33	1,85	14,28	1,36	17,50
			Total	54	1800,00	100	100	100	300
II	Sapihan	1	<i>R. mucronata</i>	136	4533,33	88,31	33,33	85,77	207,41
		2	<i>B. gymnorrhiza</i>	13	433,33	8,44	33,33	9,60	51,38
		3	<i>R. apiculata</i>	5	166,66	3,24	33,33	4,62	41,20
			Total	154	5133,33	100	100	100	300
	tiang	1	<i>R. mucronata</i>	1	33,33	20,00	33,33	27,70	81,04
		2	<i>R. apiculata</i>	4	133,33	80,00	66,66	72,29	218,95
			Total	5	166,66	100	100	100	300
III	Sapihan	1	<i>R. mucronata</i>	15	500,00	22,38	33,33	18,50	74,22
		2	<i>B. gymnorrhiza</i>	9	300,00	13,43	33,33	8,76	55,52
		3	<i>R. apiculata</i>	43	1433,33	64,17	33,33	72,73	170,24
			Total	67	2233,33	100	100	100	300
	tiang	1	<i>R. mucronata</i>	2	66,66	11,11	37,50	12,04	60,66

St	Tingkatan Vegetasi	No	Nama Spesies	$\sum$ indv	K (ind/ha)	KR (%)	FR (%)	DR	INP (%)
		2	<i>R.apiculata</i>	14	466,66	77,77	37,50	70,60	185,88
		3	<i>B. gymnorrhiza</i>	1	33,33	5,55	12,50	8,09	26,14
		4	<i>S.alba</i>	1	33,33	5,55	12,50	9,25	27,30
			Total	17	600,00	100	100	100	300
	Pohon	1	<i>S.alba</i>	7	233,33	100	100	100	300
			Total	7	233,33	100	100	100	300
	Total Individu			337					

Keterangan: $\sum$ indv = Jumlah Individu; K = Kerapatan; KR = Kerapatan Relatif; FR = Frekuensi Relatif; DR = Dominansi Relatif; INP= Indeks Nilai Penting

b. Persentase Tutupan dengan *Hemispherical Photography*

Persentase tutupan mangrove ditentukan berdasarkan nilai pixel gambar kanopi ekosistem mangrove. Hasil gambar yang diperoleh kemudian dilakukan pemisahan nilai pixel langit. Hasil analisis perbandingan pixel langit dan pixel kanopi tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

c. Biomassa Permukaan (AGB) dan Stok Karbon Vegetasi Mangrove

Hasil analisis biomassa permukaan atas mangrove (AGB) dan estimasi stok karbon vegetasi mangrove di setiap lokasi penelitian menunjukkan perbedaan biomassa maupun stok karbon tiap spesies mangrove dan tiap lokasi penelitian, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Persentase tutupan mangrove

Stasiun	Strata vegetasi	Kerapatan Mangrove (ind/ha ²)	Tutupan vegetasi berbasis pixel (%)	Kategori berdasarkan Kepmen LH NO. 201 tahun 2004
St I	Sapihan	1666,66	-	-
	Tiang	1800,00	-	-
	Total	3466,66	81,5368±4,4182	Baik /padat
St II	Sapihan	5133,33	-	-
	Tiang	166,66	-	-
	Total	5299,99	84,0716±3,9071	Baik /padat
St III	Sapihan	2233,33	-	-
	Tiang	600,00	-	-
	Pohon	233,33	-	-
	Total	3066,66	80,9978±4,6604	Baik /padat

Keterangan: Kategori Baik (padat) jika penutupan $\geq 75\%$ atau kerapatan ≥ 1500 ind/ha²; Sedang jika penutupan 50-75% atau kerapatan 1000-1500 ind/ha²; Rusak (jarang) jika penutupan $< 50\%$ atau kerapatan < 1000 ind/ha².

Tabel 4. Biomassa permukaan dan stok karbon

Lokasi	Spesies Mangrove	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
St 1	<i>R. apiculata</i>	201,3032	94,6125
	<i>R. mucronata</i>	2,0848	0,9798
	<i>C. tagal</i>	22,7997	10,7159
	<i>B. gymnorrhiza</i>	0,9991	0,4696
	Total	226,7638	106,5790
St 2	<i>R. apiculata</i>	15,3642	7,2211
	<i>R. mucronata</i>	58,3265	27,4134
	<i>B. gymnorrhiza</i>	4,0466	1,9019
	Total	77,7373	36,5365
St 3	<i>R. apiculata</i>	84,0816	39,5183
	<i>R. mucronata</i>	13,7001	6,4390
	<i>S. alba</i>	98,3057	46,2036
	<i>B. gymnorrhiza</i>	6,0834	2,8592
	Total	202,171	95,0202

Pembahasan

Struktur vegetasi mangrove di ekosistem mangrove Kecamatan Latambaga menunjukkan ukuran diameter batang yang berbeda di setiap stasiunnya (Gambar 2). Pada umumnya, kelas ukuran DBH yang ditemukan di semua lokasi, didominasi oleh mangrove dengan kategori sapihan dan tiang, sangat sedikit mangrove yang ditemukan dengan kategori pohon. Hal yang sama ditemukan oleh Analuddin *et al.* (2015), di luar kawasan TNRAW, dimana banyak ditemukan individu kategori sapihan dan tiang, serta hanya terdapat beberapa individu *R. apiculata* dan *C. tagal* dengan kategori pohon. Momo & Rahayu (2018), menemukan jumlah individu mangrove tingkatan sapihan lebih banyak (220 individu), dibandingkan tingkatan pohon (128 individu), dan tiang (79 individu) di hutan mangrove Desa Wambona, Muna. Onrizal & Kusmana (2008), menyatakan bahwa ekosistem mangrove dengan tingkat pertumbuhan sapihan dan tiang yang mendominasi mengindikasikan ekosistem mangrove tersebut dalam tahap perkembangan.

Kerapatan vegetasi mangrove di semua lokasi menunjukkan tingkat kerapatan kategori padat menurut kepmen LH No 201 tahun 2004 ($K > 1500$ ind/ha²) (Tabel 2). Kerapatan vegetasi mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian ini tidak lebih rapat jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh

oleh Susiana & Suhana (2019) yang menemukan kerapatan mangrove di Desa Berakit, Pulau Bintan berkisar antara 2.600 ind/ha² sampai 9.900 ind/ha², dikarenakan kondisi mangrove di lokasi tersebut masih dalam kondisi alami, dan belum terjadi kerusakan dan alih fungsi mangrove menjadi tambak seperti yang terjadi di ekosistem mangrove pesisir Kecamatan Latambaga. Rudia *et al.* (2019) memperoleh kerapatan mangrove yang jauh lebih rendah dari penelitian ini, yaitu berkisar 375- 1.600 ind/ha² di Pulau Towea, Kabupaten Muna. Selain itu, Rizaldi *et al.* (2020) juga memperoleh kerapatan yang lebih rendah (993-1.397 ind/ha²) di kawasan Sei Jang, Kepulauan Riau. Rendahnya kerapatan di kedua lokasi tersebut dikarenakan telah terjadi degradasi dan alih fungsi mangrove dilokasi tersebut untuk beragam penggunaan lahan. Selain itu, Rumalean *et al.*, (2019) memperoleh kerapatan yang sedang (1.093 ind/ha²) di kawasan Taman Mangrove Mempawah yang disebabkan oleh pengaruh jarak tanam yang mempengaruhi pertumbuhannya yang kurang optimal.

Persentase tutupan mangrove menunjukkan bahwa persentase tutupan mangrove di semua lokasi masih dalam kategori tutupan mangrove yang padat. Padatnya tutupan mangrove di setiap stasiun sesuai dengan tingkat kerapatan vegetasinya (Tabel 3). Dari ketiga stasiun tersebut, ekosistem mangrove masih dikategorikan kondisi baik (padat) berdasarkan

Kepmen-LH No 201 tahun 2004. Hasil yang diperoleh menunjukkan tutupan mangrove yang lebih tinggi jika dibandingkan hasil yang diperoleh oleh Mauludin *et al.*, (2018), dimana persentase tutupan yang diperoleh di Kawasan Ujung Piring Kabupaten Jepara pada kategori sedang. Hal ini dikarenakan kerapatan total tegakan mangrove yang diperoleh pada penelitian ini juga cukup tinggi, berkisar antara 3.066,66- 5.299,99 ind/ha², jauh lebih rapat dari yang ditemukan oleh Mauludin *et al.* (2018) dengan kerapatan total berkisar antara 1.500 – 2.433,33 ind/ha². Perbandingan data kerapatan dengan data tutupan mangrove berbasis pixel kanopi menunjukkan hasil yang berbanding lurus serta mengindikasikan tingkat akurasi data yang baik. Menurut Dharmawan & Nontji (2017), penggunaan dengan metode *hemispherical photography* memiliki hasil yang lebih akurat dalam menentukan persentase tutupan mangrove.

Berdasarkan hasil analisis kerapatan dan persentase tutupan di setiap stasiun, diperoleh bahwa di ketiga stasiun penelitian merupakan kawasan ekosistem mangrove yang masih padat (Tabel 3), meskipun di sekitar kawasan ekosistemnya terjadi degradasi dan alih fungsi lahan menjadi tambak, khususnya di stasiun 1 dan 2. Pernyataan ini didukung oleh Hasidu *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa ekosistem mangrove di kabupaten kolaka sudah mengalami degradasi akibat adanya alih fungsi menjadi berbagai penggunaan lahan. Perubahan hutan mangrove primer menjadi kawasan bukan mangrove terjadi di stasiun 1 dan 2 tersebut. Hal ini terjadi karena konversi dan pembukaan kawasan mangrove menjadi kawasan budidaya perikanan. Namun, perubahan ekosistem mangrove primer menjadi kawasan mangrove sekunder tidak ditemukan di kedua lokasi tersebut. Menurut Onrizal (2010), perubahan kawasan mangrove primer menjadi kawasan mangrove sekunder terjadi karena adanya aktivitas penebangan hutan mangrove untuk berbagai keperluan, namun masih menyisakan vegetasi mangrove. Sedangkan perubahan kawasan mangrove menjadi kawasan bukan mangrove terjadi karena adanya alih fungsi kawasan. Analuddin *et al.*

(2015) menemukan hal yang sama terjadi, dimana kawasan ekosistem mangrove di luar kawasan TNRAW, Sulawesi Tenggara mengalami degradasi akibat perubahan fungsi lahan menjadi tambak. Aktivitas alih fungsi kawasan mangrove juga menunjukkan hasil yang bervariasi dari aspek jenis penggunaan lahan sebagaimana yang diperoleh Hamuna & Tanjung (2018) di Teluk Yuotefa, Kota Jayapura yang didominasi oleh faktor antropogenik berupa alih fungsi lahan dalam bentuk penebangan, pembangunan jalan, jembatan serta permukiman.

Biomassa suatu tumbuhan tersusun atas berbagai macam unsur seperti hidrogen, oksigen, dan didominasi oleh karbon (C) yang dihasilkan oleh proses fotosintesis dari tumbuhan tersebut (Suryono *et al.*, 2018). Estimasi biomassa permukaan mangrove (AGB) pada umumnya dilakukan dengan menggunakan data *DBH* dan persamaan allometrik baik yang akan dikembangkan, maupun yang telah dikembangkan untuk spesies yang sama (Sutaryo, 2009). Hasil estimasi biomassa permukaan mangrove ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan data tersebut (Tabel 4), tingginya total AGB yang ditemukan pada stasiun 1, disebabkan karena terdapat beberapa spesies mangrove dengan strata pertumbuhan tiang (*DBH* > 10 cm) yang memiliki jumlah individu yang lebih banyak dari lokasi lain (tabel 1). Hal ini menyebabkan tingginya biomassa yang diperoleh sebagai hasil perhitungan antara *DBH* dengan persamaan allometrik. Banyaknya jumlah individu dengan strata pertumbuhan sapuhan (*DBH* > 10 cm) di stasiun 2 dan 3 sedikit memberikan pengaruh terhadap penambahan nilai AGB, karena memiliki *DBH* yang kecil dibandingkan tiang. Menurut Analuddin *et al.*, (2016) tren AGB berhubungan dengan usia dan struktur tegakan, serta karakteristik habitat.

Hasil ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Analuddin *et al.* (2018) di kawasan TNRAW, yang memperoleh AGB dengan kisaran 162,61 – 651,60 ton/ha. Hal ini dikarenakan kawasan ekosistem mangrove tersebut merupakan kawasan konservasi sehingga ekosistem mangrovenya masih dalam kondisi alami. Zuhhalifah

et al. (2021) memperoleh total biomasa 1.388,79 ton/ha. Tingginya biomassa tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah individu setiap spesies yang diperoleh 475 individu lebih banyak dari jumlah individu semua spesies penelitian ini (337 individu). Sementara itu, Suryono *et al.* (2018) memperoleh hasil relatif lebih kecil ($AGB = 187,21$ ton/ha) jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini (Tabel 4). Hal ini disebabkan karena kerapatan mangrove yang ditemukan lebih rendah (berkisar antara $1.494 - 2.123$ ind/ha²), jika dibandingkan dengan penelitian ini (kerapatan berkisar antara $3.066,66 - 5.299,99$ ind/ha²). Tingkat kerapatan mangrove dapat menggambarkan seberapa banyak tegakan mangrove yang ada dalam suatu kawasan.

Jika ditinjau berdasarkan AGB antar spesies, *R. apiculata* memiliki AGB yang lebih tinggi dari spesies lain. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh jumlah individu spesies *R. apiculata* dengan strata pertumbuhan tiang yang lebih banyak (49 individu) dibandingkan spesies lain (tabel 1). Selain itu, spesies *S. alba* juga memiliki AGB yang cukup tinggi (79,82 ton/ha). Meskipun jumlah individu spesies *S. alba* yang relatif sedikit, tetapi spesies tersebut memiliki 7 individu dengan strata pertumbuhan pohon ($DBH > 20$ cm). Hal tersebut menyebabkan hasil perhitungan antara DBH dengan persamaan allometriknya menjadi lebih besar. Adanya perbedaan AGB kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan kondisi lingkungan, komposisi spesies, karakteristik vegetasi, habitat tempat tumbuhnya, letak geografisnya, perbedaan iklim (Komiyama *et al.*, 2008), strata dan usia pertumbuhan, maupun nutrient (Analuddin *et al.*, 2016).

Mangrove berperan penting dalam penyuplai O₂, penyerap dan penyimpan CO₂ (Analuddin *et al.*, 2020) dan mampu menyimpan karbon dengan jumlah yang banyak (Alongi & Mukophadhyay, 2015; Adame *et al.*, 2017). Simpanan karbon dalam suatu vegetasi mangrove menggambarkan seberapa besar kapasitas vegetasi mangrove tersebut dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa vegetasi. Besarnya biomassa vegetasi, dan ukuran pohon diprediksi mempengaruhi kapasitas

simpanan karbonnya (Analuddin *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh (Tabel 4), stok karbon tertinggi pada stasiun 1 sebesar 106,57 ton/ha, diikuti oleh stasiun 3 sebesar 85,29 ton/ha, dan stasiun 2 sebesar 35,75 ton/ha. Tingginya stok karbon yang ada pada stasiun 1 berbanding lurus dengan tingginya AGB di lokasi tersebut. Jika ditinjau berdasarkan stok karbon antar spesies, *R. apiculata* memiliki stok karbon yang lebih tinggi dari spesies lain. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh nilai AGB spesies *R. apiculata* yang juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan spesies lain. Selain itu, spesies *S. alba* di stasiun 3 dan *R. mucronata* di stasiun 2 juga memiliki stok karbon yang cukup tinggi, yaitu sebesar 37,51 ton/ha, dan 27,41 ton/ha secara berturut-turut. Stok karbon kedua spesies tersebut dipengaruhi oleh AGB yang cukup tinggi. Secara keseluruhan, total stok karbon ini masih relatif rendah jika dibandingkan total stok karbon yang diperoleh oleh Analuddin *et al.*, (2020), sebanyak 264,50 ton/ha. Hal tersebut dipengaruhi oleh status kawasan di lokasi penelitiannya termasuk dalam kawasan konservasi TNRAW yang terlindungi dan masih alami, sedangkan kawasan mangrove pesisir Kabupaten Kolaka bukan merupakan kawasan konservasi. Hal tersebut didukung oleh Kusumaningtyas *et al.* (2019), yang memperoleh stok karbon yang lebih tinggi di kawasan mangrove Pulau Kongsu dan Berau yang masih alami, dibandingkan di Laguna Segara Anakan yang mengalami degradasi. Total stok karbon yang ditemukan di lokasi penelitian ini, juga memiliki hasil bervariasi jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Rahman *et al.* (2017) yang menemukan stok karbon mangrove di Sungai Tallo, Makassar yang didominasi oleh spesies *N. Fruticans* dengan jumlah pohon 18.514 pohon memiliki cadangan karbon 21,82 ton/ha, sedangkan spesies *R. mucronata* memiliki cadangan karbon 19,94 ton/ha yang tersimpan pada 8.492 pohon, serta *A. Alba* menyimpan karbon sebesar 53,96 ton/ha dengan total jumlah pohon pada spesies ini sebanyak 2.421 pohon.

Berkurangnya kawasan ekosistem mangrove sangat berdampak terhadap keseimbangan ekosistem. Ekosistem ini memiliki peranan bagi masyarakat

(Rumalean & Purwanti, 2019), sebagai penyerap emisi CO₂ di atmosfer (Analuddin *et al.*, 2020), penyerap pencemaran logam berat (Hasidu *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa kondisi vegetasi berdasarkan kerapatan dan persentase tutupan kanopi mangrove di Kecamatan Latambaga, masih dalam kondisi yang baik dan didominasi oleh mangrove strata pertumbuhan sapling hingga tiang. Kerapatan mangrove yang diperoleh berkisar antara 3.066,66 ind/ha² hingga 5.299,99 ind/ha², dan masih dikategorikan dalam kondisi kerapatan yang tinggi. Sementara itu, persentase penutupannya mangrove yang diperoleh berkisar antara 80,9978% hingga 84,0716%, juga masih dikategorikan dalam tutupan yang baik (tutupan > 75%). Status biomassa permukaan (AGB) yang diperoleh berkisar antara 76,06 ton/ha hingga 226,76 ton/ha. Vegetasi mangrove di pesisir Kecamatan Latambaga memiliki potensi sebagai penyerap dan menyimpan karbon dalam bentuk biomasnya. Total stok karbon yang tersimpan dalam vegetasi mangrove berkisar antara 35,75 ton/ha hingga 106,57 ton/ha. Meskipun demikian, kawasan di sekitar ekosistem mangrove sudah mengalami alih fungsi menjadi tambak. Diperlukan upaya pengelolaan kawasan ekosistem untuk mendukung fungsi ekosistem mangrove tersebut sebagai penyerap dan penyimpan karbon, kaitannya dengan fungsi ekosistem mangrove dalam memitigasi dampak perubahan iklim.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada kepala LPPM USN Kolaka yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian nomor 017/UN56D/LT/2020, serta Pemkab Kolaka atas izin pelaksanaan penelitian. Terimakasih kepada saudara Dandy Afriansyah dan WEBCare yang turut membantu dalam proses pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adame MF, Cherian S, Reef R, and Stewart-Koster, B. 2017. Mangrove root biomass and the uncertainty of belowground carbon estimations. *Forest Ecology and Management*, 403, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.016>
- Aksornkoae. 1993. Ecology Management of Mangroves. Ecology Management of Mangroves. IUCN Wetlands Programme, IUCN. Bangkok.
- Alongi DM, and Mukhopadhyay SK. 2014. Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in lowlatitude seas. *Agricultural and Forest Meteorology* xxx (2014) xxx–xxx. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.10.005>
- Alongi DM, and Mukopadhyay SK. 2015. Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in lowlatitude seas.pdf. *Agric. Forest Meteorol.* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.10.005>.
- Analuddin K, Jamili, Septiana A, Raya R, Sahidin I, Rianse U, Rahim S, Alfirman, Sharma S, and Nadaoka K. 2016b. Allometric models and aboveground biomass of *Lumnitzera racemosa* Willd. forest in Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia, *Forest Science and Technology*, 12:1, 43–50, <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1034191>
- Analuddin K, Jamili, Septiana A, Izal, Fajar, LOA, Raya R, Sahidin I, Rianse U, Rahim S, Alfirman, and Nadaoka K. 2015. Aboveground biomass status and management effort of unprotected mangrove forest at the surrounding areas of Rawa Aopa Watumohai National Park, Indonesia. *Advances in Environmental and Geological Science and Engineering*. (pp. 393–400).
- Analuddin K, Kadidae LO, Haya LOM, Septiana A, Sahidin I, Syahrir L, Rahim S, Fajar LOA, and Nadaoka K. 2020. Aboveground biomass, productivity and carbon sequestration in *Rhizophora stylosa* mangrove forest of Southeast Sulawesi, Indonesia. *BIODIVERSITAS*, 21(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210407>
- Analuddin K, Sharma S, Jamili, Septiana A, Sahidin I, Rianse U, Rahim S, and Nadaoka K. 2018. Trends in allometric models and aboveground biomass of family *Rhizophoraceae* mangroves in

- the Coral Triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(7), 691–711. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1453843>
- Analuddin K, Sharma S, Jamili, Septiana A, Sahidin, I, Rianse U, and Nadaoka K. 2017. Heavy metal bioaccumulation in mangrove ecosystem at the coral triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.065>.
- Clough BF, and Scott K. 1989. Allometric relationship for estimating above-ground biomass in six mangrove species. *Forest and Management*. 27 (1989), 117-127.
- Dharmawan IWE, and Nontji A. 2017. *Panduan monitoring status ekosistem mangrove*. (edisi 2). COREMAP-CTI LIPI. Jakarta.
- Hamuna B, dan Tanjung RH. 2018. Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Teluk Youtefa Kota Jayapura Menggunakan Citra Landsat Multitemporal. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(2), pp.151-122.
- Hasidu LOAF, Jamili, Kharisma GN, Prasetya A, Maharani, Riska, Rudia LOAP, Ibrahim AF, Mubarak AA, Muhsafaat LO, and Anzani L. 2020. Diversity of mollusks (bivalves and gastropods) in degraded mangrove ecosystems of Kolaka district, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*.(21) 12, December 2020. DOI: 10.13057/biodiv/d211253.
- Hasidu LOAF, Septiana A, and Analuddin K. 2015. Heavy Metals Bioaccumulation in Mangroves Rhizophoraceae at the Rawa Aopa Watumohai National Park (RAWNP). *Proceeding of celebes international conference on diversity at wallacea's line* (pp. 380-386). Kendari.
- Hatchings P, and Saenger P. 1987. *Ecology of mangroves*. University of Queensland press. St Lucia. London. Newyork.
- Indrayani E, Kalor JD, Warpur M, and Hamuna B. 2021. Using allometric equations to estimate mangrove biomass and carbon stock in Demta Bay, Papua Province, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*. 2021, 22(5), 263–271 <https://doi.org/10.12911/22998993/135945>
- Jamili, Setiadi D, Qayim I, dan Guhardja E. 2009. Struktur dan Komposisi Mangrove di Pulau Kaledupa Taman Nasional Wakatobi, Sulawesi Tenggara. *Ilmu Kelautan* 14 (4). 197-206.
- Jamili. 2019. *Flora Mangrove Taman Nasional Wakatobi*. Penerbit Universitas Halu Oleo Press. Kendari.
- Kauffman JB, Heider C, Norfolk J, and Payton F. 2014. Carbon stocks of intact mangroves and carbon emissions arising from their conversion in the Dominican Republic. *Ecological Applications*, 24(3), 2014, pp. 518–527.
- Keputusan Menteri LH tahun 2004. *Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201 Tentang Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*. No. 201, Indonesia.
- Komiyama A, OngJE, and Pongparn S. 2008. Allometry, biomass and productivity of mangrove forest: a review. *Aquatic Botany*. 89 (2008). 128-137. doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.006
- Kusmana C, Hidayat T, Tiryana T, Rusdiana O, and Istomo. 2018. Allometric models for above- and below-ground biomass of *Sonneratia* spp. *Global Ecology and Conservation* 15 (2018) e00417. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417>
- Kusmana C. 1993. *Study of Mangrove Forest Management based on Ecological Data in East Sumatera, Indonesia*. Japan. Kyoto University.
- Kusumaningtyas MA, Hutahaeen AA, Fischer HW, Pérez-Mayo M, Ransby D, and Jennerjahn TC. 2019. Variability in the organic carbon stocks, sources, and accumulation rates of Indonesian mangrove ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218, 310–323. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.007>.
- Mauludin MR, Azizah R, Pribadi R, dan Suryono. 2018. Komposisi dan Tutupan Kanopi Mangrove di Kawasan Ujung Piring Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*. April 2018 Vol 7 No 1:29–36. EISSN : 2550-0015
- Momo LOH, dan Rahayu WOS. 2018. Analysis of mangrove forest vegetation in Wambona Village, South Wakorumba District, Muna Regency, Indonesia. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisile.2.1.10-16>
- Murniati DC, dan Pratiwi R. 2015. *Kepiting uca di hutan mangrove Indonesia: Tinjauan aspek biologi dan ekologi untuk eksplorasi* (Cetakan pertama). LIPI Press. Menteng, Jakarta.
- Noor YR, Khazali M, dan Suryadiputra INN. 2006. *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*.

- Ditjen PHKA : Wetlands International, Indonesia Programme. Bogor.
- Nybakken JW. 1992. *Biology Laut* (Suatu Pendekatan Ekologis). Diterjemahkan oleh Eigman. Gramedia. Jakarta.
- Onrizal, dan Kusmana. 2008. Studi Ekologi Hutan Mangrove di Pantai Timur Sumatera Utara. *Biodiversitas*. 9 (1), 25-29. doi.10.13057/biodiv/d090107.
- Onrizal. 2010. Perubahan Tutupan Hutan Mangrove di Pantai Timur Sumatera Utara Periode 1977-2006. *J.Biol. Indon* 6 (2), 163-172.
- Profil Kawasan Konservasi Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2015. Direktorat Konservasi Kawasan dan Jenis Ikan, Direktorat Jendral Kelautan, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Kementerian Kelautan dan Perikanan. <http://kkji.kp3k.kkp.go.id>
- Rahman R, Efendi H, dan Rusmana I. 2017. Estimasi Stok dan Serapan Mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(1), pp.19-28.
- Rizaldi H, Lestari F, dan Susiana. 2020. Tingkat kerusakan ekosistem mangrove di Kawasan Estuari Sei Jang Kecamatan Bukit Bestari Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau, Indonesia. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Vol. 4 No. 2: 47-51 November 2020. EISSN 2598-8298. DOI: <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.4.2.47-51>
- Rudia LOAP, Bahtiar B, Jamili J, Muhsin M, dan Nasaruddin N. 2019. Diversitas Gastropoda Berdasarkan Tingkat Kerusakan Mangrove Di Pulau Towea Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara. *BioWallacea: Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 6 (1). DOI: 10.33772/biowallacea.v6i1.8742
- Rumalean AS, dan Purwanti F. 2019. Struktur komunitas hutan mangrove pada kawasan empawah mangrove park di desa pasir empawah hilir. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 221. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.25704>
- Sharma S, MacKenzie RA, Tieng T, Soben K, Tulyasuwan N, Resanond A, Blate G, and Litton CM. 2019. The impacts of degradation, deforestation and restoration on mangrove ecosystem carbon stocks across Cambodia. *Science of the Total Environment* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135416>
- Suryono, Soenardjo N, Wibowo E, Ario R dan Rozy FF. 2018. Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, Vol 7, No 1. EISSN: 2550-0015.
- Susiana Sand Suhana MP. 2019. Mangrove damage level in the waters of Berakit Village, Bintan Island, Indonesia. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 3(2), 73. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.3.2.73-79>
- Sutaryo D. 2009. Penghitungan biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands International Indonesai Programme. Bogor, Indonesia.
- Zulhalifah, Syukur A, Santoso D, and Karnan. 2021. Species diversity and composition, and above-ground carbon of mangrove vegetation in Jor Bay, East Lombok, Indonesia. *Biodiversitas* 22 (4): 2066-2071, April 2021. DOI: 10.13057/biodiv/d220455