



**KOMPOSISI DAN CADANGAN KARBON EKOSISTEM  
MANGROVE TELUK BONE PALOPO, SULAWESI SELATAN  
COMPOSITION AND CARBON STOCK OF MANGROVE  
ECOSYSTEM GULF OF BONE PALOPO, SOUTH OF SULAWESI**

**Hadijah Azis Karim\*, Afandi Ahmad, Andi Rosdayanti**

Fakultas Kehutanan Universitas Andi Djemma Palopo

\*E-mail : hadijahazis@yahoo.com

**ABSTRAK**

Penyimpanan karbon di ekosistem mangrove adalah salah satu yang terbesar dibandingkan di antara ekosistem yang ditanami. Kota Palopo adalah salah satu kota yang berbatasan dengan teh Teluk Bone dan masih memiliki ekosistem bakau sekunder. Ini adalah lingkungan yang dapat memberikan layanan lingkungan dalam bentuk penyerapan CO<sub>2</sub> di sekitar Kota Palopo. Studi ini bertujuan untuk menganalisis penyimpanan karbon di ekosistem mangrove di Kota Palopo. Selanjutnya, nilai simpanan karbon dikonversi menjadi nilai CO<sub>2</sub>-eq yang menggambarkan serapan pada ekosistem mangrove. Metode penelitian ini adalah non destructive sampling dan menggunakan persamaan allometrik yang ada. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur diameter pohon dalam plot pengambilan sampel 25 × 25 m dengan jarak antar plot adalah 100 m. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata karbon di atas tanah adalah 82,34 ± 16,92 ton/ha sama dengan 301,90 ± 62,03 ton/ha CO<sub>2</sub>-eq. Penyerapan CO<sub>2</sub> berdasarkan masing-masing spesies mangrove di daerah penelitian adalah *Avicenia marina* 55,26 ton/ha, *Rhizophora apiculata* 497,13 ton/ha, *Rhizophora mucronata* 2259,49 ton/ha, *Rhizophora spp.* 1975,62 ton/ha, *Sonneratia alba* 4268,43 ton/ha, *Xylocarpus granatum* 1,19 ton/ha.

**Kata Kunci:** Penyimpanan karbon, CO<sub>2</sub>-eq, Ekosistem Mangrove, Teluk Bone

**ABSTRACT**

*Carbon storage at mangrove ecosystem is one of the largest compared between any vegetated ecosystem. Palopo City is one of the cities bordering teh Gulf of Bone and still have secondary mangrove ecosystem. This ecosystem become a good vegetated area which can provide environmental services in the form of CO<sub>2</sub> uptake around Palopo City. This study aimed to analyze carbon storage at mangrove ecosystem at Palopo City. Furthermore, the value of carbon storage converted to CO<sub>2</sub>-eq value which described uptake at mangrove ecosystem. Method of this research is non destructive sampling and used existing allometric equations. Data collection carried out by measuring tree diameter in sampling plot 25 × 25 m with space between plot is 100 m. Result of this study showed that average of above ground carbon is 82,34±16,92 ton/ha equal to 301,90±62,03 ton/ha CO<sub>2</sub>-eq. The sequestration of CO<sub>2</sub> based on each mangrove species at study area is *Avicenia marina* 55,26 ton/ha, *Rhizophora apiculata* 497,13 ton/ha, *Rhizophora mucronata* 2259,49 ton/ha, *Rhizophora spp.* 1975,62 ton/ha, *Sonneratia alba* 4268,43 ton/ha, *Xylocarpus granatum* 1,19 ton/ha.*

**Keywords:** Carbon storage, CO<sub>2</sub>-eq, Mangrove Ecosystems, Gulf of Bone

## PENDAHULUAN

Potensi cadangan karbon mangrove adalah salah satu yang tertinggi dibandingkan karbon beberapa ekosistem bervegetasi lainnya. Murdiyarso *et al.* (2015) menyatakan bahwa kemampuan mangrove menyimpan cadangan karbon menjadikannya sebagai salah satu ekosistem yang penting dalam usaha mitigasi perubahan iklim. Komiyama *et al.* (2008) menyatakan bahwa hutan mangrove tropis memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan karbon yang sangat tinggi. Sehubungan dengan hal tersebut, peran ekosistem hutan yang saat ini masih menjadi fokus kajian dunia, salah satunya adalah sebagai penyerap dan penyimpan cadangan karbon dalam bentuk biomassa vegetasi. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Jumlah karbon tersimpan setiap lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanah serta cara pengelolaannya (Gurung, *et al.* 2015). Biomassa vegetasi hutan dapat tersimpan di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*) atau di bawah permukaan tanah (*belowground biomass*) (Kotowska, 2015). Selain sebagai penyerap dan penyimpan karbon, hutan juga dapat menjadi emitter gas rumah kaca yakni pada saat proses pembusukan/pelapukan bahan organik (Murdiyarso *et al.* 2009). Terjadinya konversi tutupan hutan menjadi hutan non hutan, maka akan menyebabkan cadangan karbon teremisi ke atmosfer.

Sebagai salah satu negara yang telah meratifikasi konvensi perubahan iklim, Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29 - 41% selama periode 2014-2019 (Tosiani, 2015). Sektor kehutanan merupakan salah satu sektor yang berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca di atmosfer (FAO 2010; Nurtjahjawilasa *et al.* 2013). Oleh karena itu, untuk mengetahui besarnya serapan ataupun emisi dari sektor kehutanan maka perlu dilakukan inventarisasi cadangan karbon pada berbagai tipe ekosistem hutan. Data tersebut merupakan parameter yang dikenal dengan faktor emisi (*emission factor*) sebagai salah satu bagian dari data penghitungan emisi gas rumah kaca selain data aktivitas (*activity data*) (Tosiani, 2015).

Studi mengenai potensi cadangan karbon mangrove telah banyak dilakukan. Beberapa studi tersebut diantaranya Feliciano *et al.* (2014) menyatakan bahwa dalam setiap individu pohon mangrove terkandung 3.9 – 31.3 kg per individu pada tingkat pancang dan pada tingkat pohon sebesar 1.7 ton. Kajian lain yang dilakukan oleh Murdiyarso *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa Indonesia memiliki cadangan karbon yang lebih tinggi dibandingkan Thailand dan Vietnam. Besarnya potensi cadangan karbon di ekosistem mangrove belum disertai perhatian berbagai pihak mengenai potensi ini. Hal tersebut berdampak pada tingginya eksploitasi dan konversi hutan mangrove menjadi penggunaan lain berupa tambak, areal terbangun/reklamasi (Wahyuni, *et al.* 2017). Namun, potensi yang sangat tinggi tersebut terancam oleh adanya aktivitas konversi mangrove menjadi penggunaan lain. Konversi lahan atau deforestasi ini berdampak pada hilangnya potensi karbon dan serapan karbon oleh ekosistem mangrove.

Daerah perairan Teluk Bone merupakan salah satu kawasan perairan di Pulau Sulawesi yang terletak di antara Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara. Ekosistem mangrove Teluk Bone merupakan salah satu ekosistem penting yang perlu dikelola dan dimanfaatkan dengan penerapan prinsip kelestarian. Berbagai manfaat telah dirasakan oleh masyarakat yang beraktivitas di sekitar Teluk Bone baik nelayan, wisatawan atau sebagai sarana transportasi. Penelitian Setiawan dan Subiandono (2015) menyatakan bahwa kemampuan ekosistem mangrove Teluk Bone memiliki kemampuan yang baik dalam memfilter

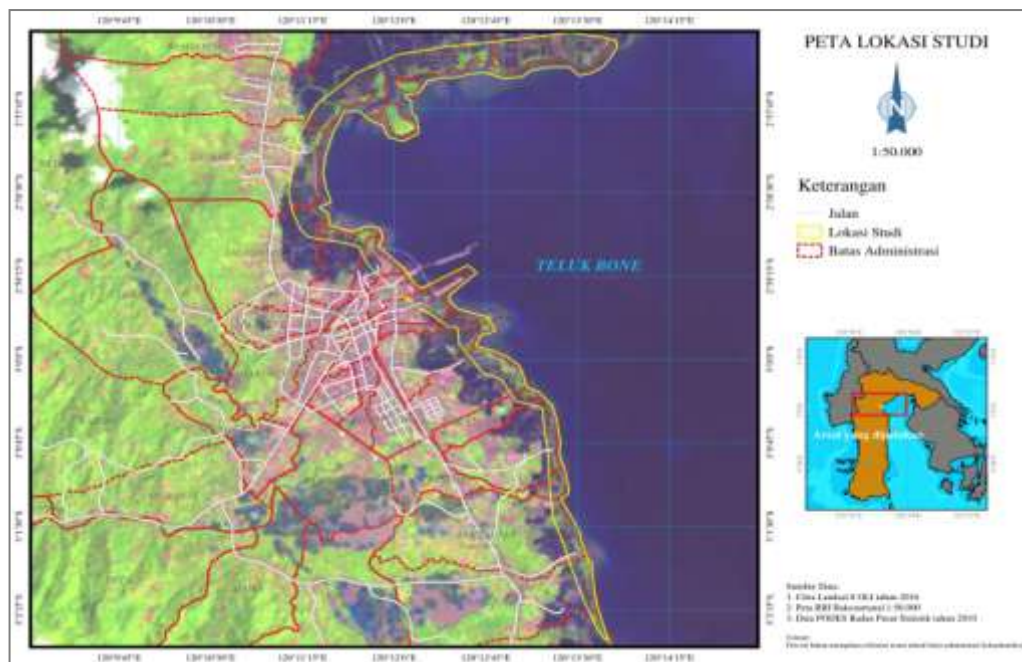
logam berat yang berasal dari limbah daratan. Semakin tingginya laju deforestasi mangrove di pesisir Teluk Bone semakin meningkat akibat pengembangan pembangunan dan alih fungsi lahan, namun upaya untuk mendokumentasikan potensi biomassa dan cadangan karbon belum pernah dilakukan.

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis potensi ekosistem mangrove di Teluk Bone. Potensi yang dianalisis berupa biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon dioksida ( $CO_2$  equivalent) di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*). Selain itu, penelitian ini juga menganalisis komposisi jenis mangrove di Teluk Bone. Ketersediaan informasi mengenai potensi cadangan karbon ekosistem mangrove dapat dijadikan sebagai salah satu acuan dalam mewujudkan pengelolaan ekosistem secara lestari. Selain itu dengan perlindungan dan pemanfaatan ekosistem mangrove yang baik diharapkan mampu meningkatkan peran ekosistem mangrove dalam rangka penyerapan karbon di udara.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Mangrove Teluk Bone dari April sampai September 2018. Hutan mangrove Teluk Bone dipilih sebagai lokasi penelitian karena daerah ini masih rentan terjadi konversi tutupan mangrove menjadi tambak. Selain itu, daerah ini merupakan *barrier* bagi kawasan pesisir Kota Palopo. Hal ini menunjukkan posisi strategi Teluk Bone dalam rangka menunjang kehidupan masyarakat yang berada di daerah - daerah tersebut khususnya di Kota Palopo (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi studi cadangan karbon mangrove

### Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan alat antara lain *GPS receiver*, roll meter, pita ukur, kompas, dan *tallysheet*. Metode pengumpulan data di lapangan dilakukan dengan pembuatan plot contoh (*sampling plot*) dengan

teknik *systematic sampling with random start* berbentuk persegi dengan ukuran 25 × 25 meter (Yusandi, 2015). Semua individu pohon di dalam plot contoh diukur kelilingnya (cm) serta jenis pohon.

### Analisis Data

Data primer berupa keliling dan jenis pohon selanjutnya dilakukan analisis vegetasi dengan parameter indeks nilai penting (Indriyanto, 2010). Selain itu, dilakukan juga analisis kandungan biomasa menggunakan persamaan allometrik yang bersumber dari Komiyama, *et al.* (2008). Jenis mangrove yang tidak terdapat persamaan allometrik maka digunakan persamaan umum dengan parameter berat jenis ( $\text{g/cm}^3$ ) dan diameter (Tabel 1). Setelah mendapatkan kandungan biomasa masing-masing jenis, selanjutnya nilai biomasa tersebut dikonversi menjadi nilai karbon dengan mengalikan nilai biomasa dengan 0,47 sesuai dengan SNI 2011 yang menyatakan bahwa sekitar 47% bagian biomasa adalah karbon.

**Tabel 1. Persamaan Allometrik Jenis Mangrove**

No	Jenis	Persamaan allometrik	Sumber
1	<i>Avicennia marina</i>	$\text{TDW} = 0.308\text{DBH}^{2,11}$	= Komiyama <i>et al.</i> (2008)
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	$\text{TDW} = 0,235(\text{DBH})^{2,42}$	= Imbert dan Rollet (1989) dalam (Komiyama <i>et al.</i> 2008)
3	Persamaan umum	$\text{TDW} = 0,251\rho\text{DBH}^{2,46}$	= Komiyama <i>et al.</i> (2008)

Keterangan: TDW (*total dry weight*);  $\rho$  (berat jenis dalam satuan  $\text{g/cm}^3$ )

Hasil penghitungan biomasa kemudian dikonversi ke nilai karbon dengan mengalikan nilai biomasa dengan 0.47 (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Nilai cadangan karbon selanjutnya dikonversi menjadi nilai  $\text{CO}_2$  *equivalent* dengan persamaan berikut ini (Dharmawan dan Siregar, 2008):

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{-eq} &= (\text{Mr CO}_2/\text{Ar C}) \times \text{C} \\ &= 44/12 \times \text{C} \\ &= 3.67 \times \text{C}\end{aligned}$$

Keterangan:

$\text{CO}_2$  = karbondioksida

Mr = berat molekul relatif senyawa  $\text{CO}_2$  (44)

Ar = berat molekul relatif atom C (12)

C = nilai cadangan karbon

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Spesies Mangrove

Jumlah spesies yang ditemukan di pesisir Teluk Bone, Kota Palopo yakni sebanyak 6 spesies diantaranya *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizopora spp.*, *Xylocarpus granatum.*, *Sonneratia alba* dan *Avicennia marina*. Hasil analisis dominasi spesies menggunakan parameter indeks nilai penting tersaji dalam (

Tabel 2).

**Tabel 2. Komposisi Jenis Hutan Mangrove Kota Palopo**

Nama Jenis	KR (%)	DR (%)	FR (%)	INP (%)
<i>Avicennia marina</i>	1,27	1,11	9,84	12,22
<i>Rhizophora apiculata</i>	20,21	7,14	11,48	38,82
<i>Rhizophora mucronata</i>	21,05	24,39	8,20	53,64
<i>Rhizophora spp.</i>	34,30	23,64	26,23	84,17
<i>Sonneratia alba</i>	22,93	43,67	42,62	109,22
<i>Xylocarpus granatum</i>	0,24	0,04	1,64	1,92

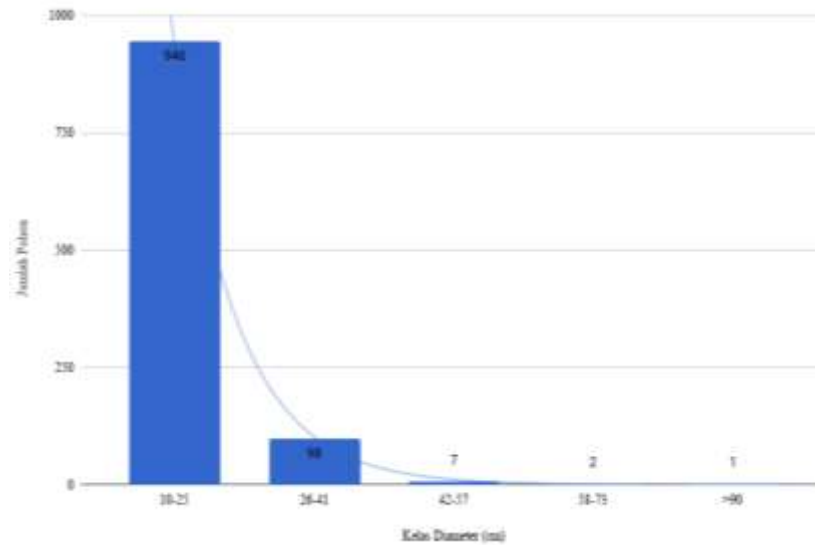
Keterangan: KR (kerapatan relatif); DR (dominansi relatif); FR(frekuensi relatif)

Berdasarkan hasil analisis vegetasi, didapatkan bahwa jenis *Sonneratia alba* merupakan jenis yang paling dominan di hutan mangrove Kota Palopo. Tingginya indeks nilai penting jenis *Sonneratia alba* disebabkan oleh tingginya dominansi jenis tersebut. Indriyanto (2010) menyebutkan bahwa dalam formasi alami, jenis *Sonneratia spp.* berada pada zona terjauh terluar dari daratan. Namun, kondisi yang ada di hutan mangrove Kota Palopo sudah tidak menunjukkan adanya formasi yang teratur layaknya formasi hutan mangrove primer. Jenis dominan yang kedua adalah jenis *Rhizophora spp.* dengan nilai INP sebesar 84,17 %. Parameter kerapatan yakni jumlah individu per satuan luas menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan jenis *Rhizophora spp.* di hutan mangrove Kota Palopo sangat tinggi. Hasil analisis vegetasi menunjukkan jenis *Rhizophora spp.* berjumlah 304 individu/ha. Selain parameter kerapatan, frekuensi jenis *Rhizophora spp.* juga sangat tinggi dibandingkan jenis lainnya. Bismark, *et al.* (2008) menyatakan bahwa pertumbuhan tegakan mangrove dipengaruhi oleh konsentrasi fosfat (P) dan nilai KTK pada tanah mangrove.

Hutan mangrove di Kota Palopo telah mengalami degradasi dan deforestasi. Hutan mangrove Teluk Bone yang masuk dalam administrasi Kota Palopo terbesar ditemukan di Kelurahan Songka dan Temmalebba. Hasil pengamatan di lokasi penelitian ditemukan telah banyak dibangun tambak yang merupakan hasil konversi dari hutan mangrove. Hal ini menyebabkan hilangnya formasi alami hutan mangrove yang tersusun atas spesies penciri dari formasi daratan berupa spesies nipah hingga formasi terluar dari garis pantai berupa spesies *Sonneratia spp.* dan *Avicennia spp.* (Indriyanto, 2010).

### Struktur Tegakan

Struktur tegakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah struktur tegakan yang dibangun dari distribusi individu pohon pada masing-masing kelas diameter (Heriyanto dan Subandono, 2012). Struktur tegakan hutan mangrove Kota Palopo menunjukkan pola seperti huruf "J" terbalik (J shaped) sebagaimana struktur tegakan hutan pada umumnya. Jumlah pohon pada kelas diameter kecil lebih banyak dibandingkan pohon yang memiliki diameter yang lebih besar. Pertumbuhan diameter pohon akan semakin meningkat dari waktu ke waktu. Proses pertumbuhan tersebut sangat bergantung pada kondisi cahaya, unsur hara dan kompetisi yang terjadi antar individu sehingga jumlah pohon pada masing-masing kelas diameter akan bervariasi. Hasil analisis struktur tegakan mangrove Kota Palopo disajikan pada Gambar 2.

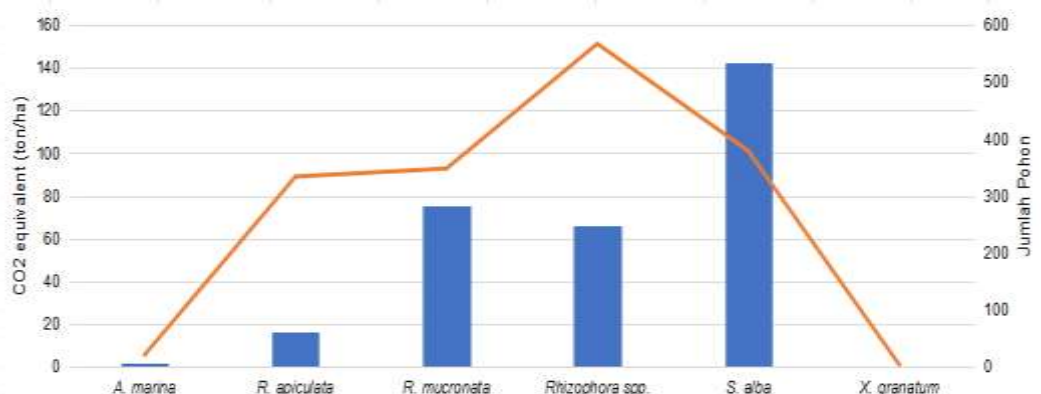


Gambar 2. Struktur tegakan menurut kelas diameter dan jumlah pohon

Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa jenis *Sonneratia alba* dan *Rhizophora spp.* merupakan jenis yang dominan di hutan mangrove Kota Palopo. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa jenis tersebut mampu bersaing dan memanfaatkan sumber cahaya dan unsur hara secara optimal.

#### Cadangan Karbon

Hasil fotosintesis oleh tumbuhan tersimpan dalam bentuk biomassa. Secara umum, biomassa dibedakan atas dua yakni biomassa di atas permukaan (*above ground biomass*) dan biomassa di bawah permukaan (*below ground biomass*). Penelitian ini hanya menganalisis potensi biomassa dan karbon di atas permukaan tanah. Hasil analisis cadangan karbon mangrove menunjukkan bahwa rata-rata cadangan karbon di atas permukaan tanah hutan mangrove Kota Palopo adalah  $82,34 \pm 16,92$  ton/ha atau setara dengan  $301,90 \pm 62,03$  ton/ha  $\text{CO}_2\text{-eq}$  (berkisar antara 175,03 – 428,78 ton/ha). Potensi  $\text{CO}_2$  hutan mangrove Kota Palopo lebih tinggi dibandingkan dengan potensi  $\text{CO}_2$  di hutan mangrove di Sungai Subelen, Pulau Siberut, Sumatera Barat yakni sebesar 90,16 ton/ha (Bismark *et al.* 2008). Hasil analisis potensi serapan  $\text{CO}_2$  pada masing-masing jenis di hutan mangrove Kota Palopo tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Potensi serapan  $\text{CO}_2$  (grafik batang) dan jumlah pohon masing-masing jenis (grafik garis)

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa jenis *Sonneratia alba* memiliki potensi kandungan CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya yakni sekitar 38 tonC/ha atau setara dengan 140 ton/ha serapan CO<sub>2</sub>. Walaupun jika dilihat dari jumlah individu pohon, jenis ini lebih sedikit dibandingkan dengan jenis dari family *Rhizophora*. Hal ini disebabkan oleh banyaknya individu *Sonneratia alba* yang memiliki diameter lebih besar dari 20 cm yakni sejumlah 145 individu (sekitar 38% dari total individu *Sonneratia alba*). Family *Rhizophora* di mangrove Kota Palopo terdiri atas 3 jenis yakni *Rhizophora spp.*, *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata*. Jenis yang memiliki cadangan karbon tertinggi setelah *Sonneratia alba* adalah jenis *Rhizophora mucronata* yakni sebesar 75 ton CO<sub>2</sub>/ha. Sedangkan jumlah individu yang tertinggi yakni jenis *Rhizophora spp.* sekitar 600 individu, namun cadangan karbon yang ada pada jenis ini lebih kecil dibanding *Sonneratia alba* dan *Rhizophora mucronata* yang memiliki jumlah individu lebih sedikit. Potensi kandungan karbon jenis *Rhizophora mucronata* di Kota Palopo sejalan dengan potensi mangrove di Muara Gembong yang dilaporkan oleh Rachmawati, *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa jenis *Rhizophora mucronata* adalah jenis yang memiliki potensi karbon tertinggi dibanding jenis *Rhizophora* lainnya.

Ekosistem mangrove Kota Palopo menyimpan potensi yang sangat tinggi. Namun, jika melihat kondisi luas dan sebarannya, sudah sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh konversi hutan mangrove menjadi areal tambak. Penelitian ini mengungkap bahwa, serapan CO<sub>2</sub> sebagai salah satu peran dan fungsi ekosistem mangrove masih sangat tinggi. Selain itu, spesies mangrove juga masih beragam meskipun zonasi yang serupa dengan ekosistem mangrove alami sudah hilang.

Berdasarkan penelitian ini, perlu perhatian dari seluruh pihak baik pemerintah dan masyarakat Kota Palopo untuk menjaga keberadaan ekosistem mangrove sebagai salah satu *green belt* yang menjalankan fungsi-fungsi alaminya yakni menjaga abrasi, mengendalikan gelombang laut, serta sebagai penyerap CO<sub>2</sub>.

### PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Spesies yang ditemukan di ekosistem mangrove pesisir Teluk Bone, Kota Palopo yakni sebanyak 6 spesies diantaranya *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora spp.*, *Xylocarpus granatum.*, *Sonneratia alba* dan *Avicenia marina*
2. Serapan karbon pada ekosistem mangrove cukup tinggi yakni rata-rata 82.34±16.92 ton/ha atau setara dengan 301.90±62.03 ton/ha CO<sub>2</sub>-eq
3. Hutan mangrove di pesisir Teluk Bone perlu diperhatikan kondisinya sebagai *green belt* di Kota Palopo.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bismark, M., Endro Subiandono, and N.M. Heriyanto. 2008. Keragaman dan potensi jenis serta kandungan karbon hutan mangrove di Sungai Subelen Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* V (3): 297–306.
- Dharmawan, I. W. S., dan C. A. Siregar, 2008. Karbon Tanah Dan Pendugaan Karbon Tegakan. *Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, V(No.4), 317–328.
- Food and Agricultural Organization. 2010. *Global Forest Resource Assessment*. Rome (IT): FAO

- Gurung MB, H. Bigsby, R. Cullen dan U. Manandhar. 2015. Estimation of carbon stock under different management regimes of tropical forest in the Terai Arc Landscape, Nepal. *Forest Ecology and Management*; 356:144–152.
- Heriyanto, N.M., and Endro Subiandono. 2012. “Komposisi Dan Struktur Tegakan, Biomassa, Dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Taman Nasional Alas Purwo.” *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 9(1): 23–32.
- Indriyanto. 2010. *Ekologi Hutan*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Komiyama, A., Ong JE dan S. Poungharn. 2008. Allometry, Biomass, And Productivity Of Mangrove Forests: A review. *Aquatic Botany*; 89(2):128–137. doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.006
- Kotowska, MM. 2015. Carbon Pools And Sequestration In Vegetation, Litter Dynamics And Hydraulic Anatomic Properties In Rainforest Transformation Systems in Indonesia. Göttingen, Jerman
- Murdiyarso D, D. Donato, JB Kauffman *et al.* 2009. Carbon Storage in Mangrove and Peatland Ecosystems. A Preliminary Account From Plots in Indonesia. *Working paper*; :40. Doi:10. 17528/cifor/003233
- Murdiyarso D, J. Purbopuspito, JB. Kauffman, MW. Warren, SD. Sasmito, DC. Donato, S. Manuri, H. Krisnawati, S. Taberima and S. Kurnianto. 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change* (5):8–11. doi:10.1038/nclimate2734
- Nurtjahjawilasa, Duryat K, Yasman I, Septiani Y and Lasmini. 2013. *Modul: Kebijakan Nasional Perubahan Iklim*. Jakarta (ID): Natural Resources Development Center.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi Estimasi Karbon Tersimpan Pada Vegetasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni-Akuatika*, XIII(19), 85–91.
- Setiawan, H., & Subiandono, E. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pada Air dan Sedimen di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan. *Indonesian Forest Rehabilitation Journal*, 3(1), 67–79.
- Tosiani, A. 2015. *Buku Kegiatan Serapan Dan Emisi Karbon*. Jakarta (ID): DIRJEN Planologi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Wahyuni, N. I., Irawati Dwi Arini, D., & Ahmad, A. 2017. Identifikasi Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Manado Tahun 2001 Sampai 2015. *Majalah Ilmiah Globē*, 19(1).
- Yusandi S. 2015. Model Penduga Biomassa Hutan Mangrove Menggunakan Citra Resolusi Sedang Di Areal Kerja BSN Group Kalimantan Brat. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.