

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

62ba1dc239c648f71aa3ce9a05f2a638d9fd7cb7329f8e4668d8c8f50775dd4f

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

## MODEL ALOMETRIK BIOMASSA *Rhizophora apiculata* DI KABUPATEN POLEWALI MANDAR, PROVINSI SULAWESI BARAT

(Allometric Models of *Rhizophora apiculata* Biomass in Polewali Mandar District, West Sulawesi Province)

Ruslianto\*, Mila Alviani, Maisuri, dan Daud Irundu

Program Studi Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat

Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, SH. Talumung, Majene, Sulawesi Barat, 91411, Indonesia

### Article Info

#### Dates:

Received in 4 September 2019; received in revised form 21 November 2019; accepted 25 November 2019. Available online 30 December 2019

#### Kata Kunci:

Alometrik, Biomassa, *Rhizophora apiculata*.

#### Keywords:

Allometric, Biomass, *Rhizophora apiculata*

#### How to cite this article:

Ruslianto., Alviani M., Maisuri, Irundu D. (2019). Model Alometrik Biomassa *Rhizophora Apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. *Buletin Eboni*, 1(1), 11-19. doi: <http://doi.org/10.20886/buleboni.5377>

#### Copyright:

Copyright ©2019 Environment and Forestry Research and Development Institute of Makassar. This is an open access article and content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 licence

### Abstrak

Hutan mangrove berperan dalam mitigasi perubahan iklim, melalui kemampuan fotosintesis dan simpan karbonnya. Hutan mangrove mampu menghasilkan biomassa cukup baik. Informasi biomassa dan potensi karbon yang tersimpan pada hutan mangrove sangat penting untuk diketahui. Model alometrik merupakan salah satu cara untuk estimasi biomassa tanaman. Sejauh ini sudah diterapkan 15 model alometrik *Rhizophora sp.*, akan tetapi model biomassa *Rhizophora apiculata* belum diketahui. *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar dapat dijumpai hampir di seluruh kawasan hutan mangrove. Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan, yaitu pemilihan 10 sampel pohon, pengukuran berat basah, pengukuran kadar air, dan pengukuran berat kering (biomassa). Substitusi nilai pengukuran pada persamaan alometrik serta analisis data menggunakan metode skoring variabel koefisien determinasi ( $R^2$ ), bias, indeks galat, dan *Mean Square Error Prediction*. Hasil analisis diperoleh model alometrik  $\hat{Y}=1,02D^{0,949}H^{1,142}$  sebagai model dengan nilai skoring tertinggi.

### Abstract

Mangrove forests take an essential role in mitigating climate change, through its ability of photosynthetic and storing carbon. Information on biomass and carbon potentially stored in mangrove forests is very important for presenting allometric models as a reference for estimating plants biomass. To date, there have been 15 allometric models for *Rhizophora sp.*, but allometric models for estimating *Rhizophora sp.* biomass in Polewali Mandar regency remain unidentified. *Rhizophora apiculata* in Polewali Mandar District is widespread species, almost found in all mangrove forest areas. The research was carried out through 4 stages, which were selection of 10 tree samples, measurement of fresh weight, measurement of moisture content, and measurement of dry weight (biomass). Substitution of measurement values in allometric equations, and analysis of data used the scoring method coefficient of determination variable ( $R^2$ ), bias, error-index, and *Mean Square Error Prediction*. The study found that the best allometric model with the highest scoring value was  $\hat{Y} = 1.02D^{0.949}H^{1.142}$ .

\* Corresponding author (Main author). Tel: +62 422 22559/+62 422 270059  
E-mail address: [ruslianto96.ully@gmail.com](mailto:ruslianto96.ully@gmail.com) (Ruslianto)

## I. PENDAHULUAN

Pemanasan global menjadi sorotan dunia saat ini, meningkatnya suhu bumi merupakan masalah yang dirasakan oleh hampir seluruh makhluk hidup baik itu pada negara maju, negara berkembang maupun negara tertinggal. Menurut Wardhana (2010), para ahli klimatologi memperkirakan kenaikan suhu atmosfer 100 tahun yang lalu rata-rata 0,5°C, bahkan berdasarkan pengamatan 30 tahun terakhir, kenaikan suhu rata-rata permukaan bumi di seluruh dunia sebesar 2°C. Beberapa dampak dari pemanasan global terhadap wilayah maritim yakni meningkatnya permukaan air laut, peristiwa cuaca ekstrim, gangguan terhadap pertumbuhan terumbu karang dan merosotnya jumlah tangkapan ikan nelayan. Menurut Syahailatua (2008), salah satu dampak perubahan iklim adalah peningkatan suhu secara terus menerus akan mengakibatkan naiknya paras laut yang secara langsung akan mengurangi luas pesisir pantai.

Kemampuan hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon tidaklah sama. Perbedaan ini dipengaruhi oleh tipe ekosistem, jenis pohon, tipe tanah, topografi dan bentuk pengelolaan (Masripatin *et al.*, 2010). Menurut Zulkarnain *et al.* (2016), kemampuan fotosintesis vegetasi mangrove dan menyimpan hasil fotosintesisnya dalam bentuk biomassa dapat memerangkap karbon lebih lama sesuai daur hidup vegetasi mangrove tersebut. Menurut Rahman *et al.* (2017), kemampuan serap dan simpan karbon vegetasi mangrove sangat baik dibandingkan vegetasi tumbuhan lainnya. Hutan mangrove lebih berfungsi sebagai penyerap karbon daripada sebagai sumber karbon.

Secara fisik Kabupaten Polewali Mandar memiliki tipe ekosistem mangrove yang sama seperti hutan mangrove pada umumnya. Penelitian model alometrik biomassa dan volume pohon untuk tipe ekosistem hutan mangrove sebagian besar dilakukan di Provinsi Kalimantan Barat dan Riau. Model alometrik untuk menduga biomassa *Rhizophora apiculata* di Sulawesi Barat belum dilakukan. Untuk memudahkan dalam memperoleh rumus biomassa dipilih 6 rumus untuk dilakukan pengujian terhadap 4 variabel. Informasi biomassa dan potensi karbon yang tersimpan

pada hutan mangrove, sangat penting untuk mengetahui sink karbon dan serapan karbon dalam orientasi tata kelola kawasan mangrove, perdagangan karbon, maupun konservasi ekosistem mangrove. Hal ini dapat memberikan kesadaran bagi individu maupun kelompok untuk menjaga kelestarian hutan mangrove. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian untuk mengetahui Model Alometrik Biomassa *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat ini penting untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji model alometrik yang paling sesuai dengan kondisi mangrove di Sulawesi Barat sebagai referensi untuk mengestimasi biomassa mangrove. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk merumuskan model pendugaan potensi dan kandungan biomassa *Rhizophora apiculata* tanpa melakukan kegiatan *destructive*.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2019. Pengambilan sampel dilakukan di 3 lokasi hutan mangrove di Kabupaten Polewali Mandar yaitu Kecamatan Campalagian, Kecamatan Wonomulyo, dan Kecamatan Binuang (Gambar 1).

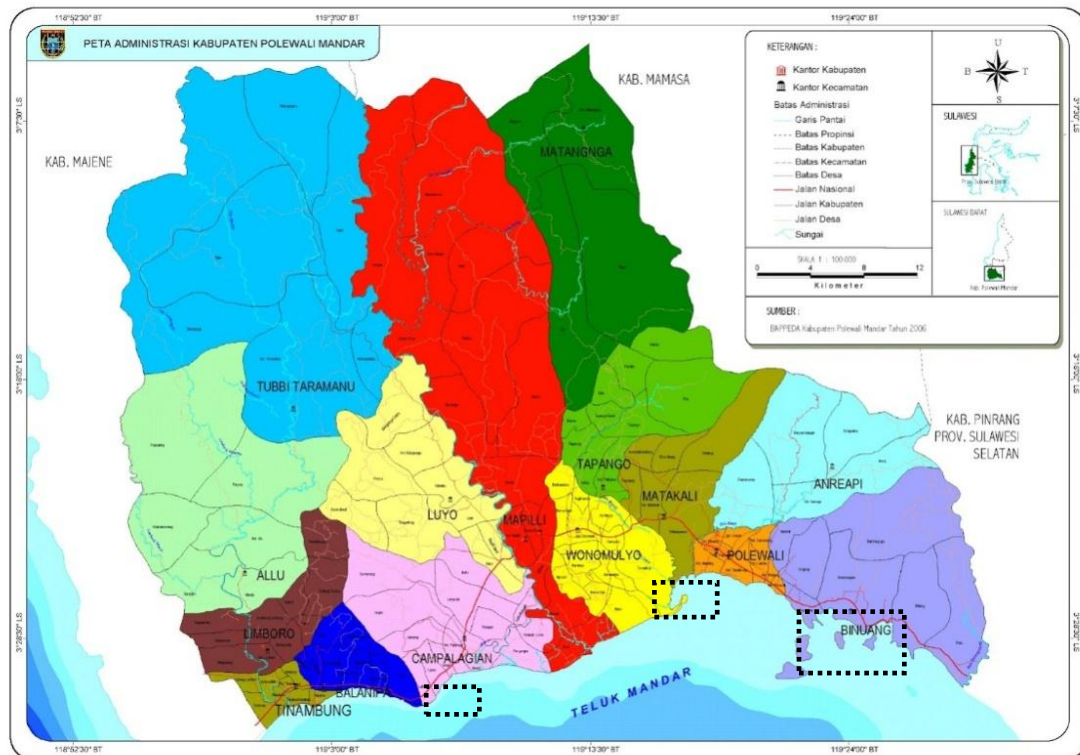
Kegiatan lapangan dilaksanakan pada kawasan hutan mangrove yang berada di wilayah pesisir Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat. Sedangkan, kegiatan pengujian dilakukan di laboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

### B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pita meter, rollmeter, *haga hypsometer*, *chainsaw*, gergaji tangan, parang, timbangan dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi plastik sampel, karung, spidol, kertas, dan tinta print.

### C. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan kegiatan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Peta lokasi pengambilan sampel, garis kotak putus putus menunjukan lokasi pengambilan sampel  
**Figure 1.** Research location, dotted line shows sample location

1. Pemilihan sampel pohon

Pohon yang dijadikan sampel penelitian berjumlah 30 batang yang dipilih dengan metode *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan variasi kelas diameter pohon. Setiap kelas diameter dipilih minimal 3 pohon. Pada masing-masing pohon terpilih dilakukan pengukuran diameter (D) serta tinggi (H), diharapkan variasi diameter dan tinggi

mewakili masing-masing kelas diameter dan tinggi tanaman.

2. Penebangan dan pengambilan contoh uji

Penebangan dilakukan pada 30 pohon yang dipilih dengan kriteria berdasarkan kelas diameter <5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm dan >30 cm. Pada masing-masing pohon terpilih dilakukan pengukuran diameter (D) dan tinggi (H),



(a)



(b)

**Gambar 2.** Pemilihan sampel pohon (a) Survei lokasi; (b) Pemilihan sampel pohon  
**Figure 2.** Tree sample selection (a) Location survey; (b) Selection of tree sample



diharapkan variasi diameter dan tinggi mewakili masing-masing kelas diameter dan tinggi tanaman.

### 3. Pengukuran berat basah

Pengukuran berat basah pada contoh uji batang, cabang, ranting dan daun berdasarkan SNI No. 7725-2011, terlebih dahulu dilakukan penebangan dan pembagian fraksi pohon contoh yang terdiri atas batang, cabang, ranting dan daun. Selanjutnya dilakukan pengukuran berat basah pada semua fraksi yang ditimbang di lapangan dalam keadaan segar. Timbangan yang digunakan disesuaikan dengan perkiraan berat fraksi yang akan ditimbang.

### 4. Pengukuran kadar air

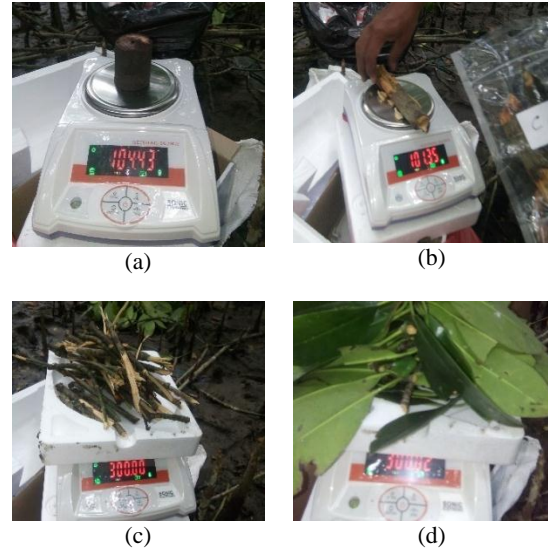
Menurut Anshari (2006), pengujian kadar air kayu bagian batang dibuat dengan ukuran (5 x 5 x 5) cm, masing-masing diambil pada bagian pangkal, tengah dan ujung. Untuk pengukuran kadar air dilakukan pada 10 sampel pohon dari 30 pohon yang terpilih yang mewakili masing-masing kelas diameter. Sedangkan berdasarkan Masripatin *et al.* (2010), contoh uji bagian cabang, ranting dan daun masing-masing diambil  $\pm$  300 gram. Prosedur pengukuran kadar air contoh uji di laboratorium adalah sebagai berikut:

- 1) Contoh uji ditimbang berat basahnya
- 2) Contoh uji dikeringkan dalam tanur pada suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 48 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang berat keringnya.
- 3) Masukkan kembali contoh uji ke dalam tanur selama 1 jam lalu kemudian ke desikator selama 15 menit lalu timbang berat keringnya. Ulangi prosedur ini hingga memperoleh berat kering konstan.
- 4) Penurunan berat contoh uji yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanur ialah kadar air contoh uji.
- 5) Penentuan kadar air dapat dihitung menggunakan SNI 03-6848-2002, dengan rumus sebagai berikut:

$$KA = \frac{Bo - Bkt}{Bkt} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

KA = Kadar air contoh uji (%)  
Bo = Berat awal contoh uji (gram)  
Bkt = Berat kering contoh uji (gram)



**Gambar 3.** (a) pengukuran berat basah sampel batang; (b) pengukuran berat basah sampel cabang; (c) pengukuran berat basah sampel ranting; (d) pengukuran berat basah sampel daun.

**Figure 3.** (a) fresh stem weight measurement; (b) fresh branch weight measurement; (c) fresh twigh measurement; (d) fresh leaf weight measurement.

### 5. Berat kering (biomassa)

Besarnya biomassa dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan berat kering, untuk lebih memudahkan menghitung berat kering pada kayu dikelompokkan atas batang, ranting, daun dan akar. Menurut Haygreen dan Jim (1989), apabila berat basah dan potensi air telah diperoleh dari contoh uji maka berat kering dari masing-masing sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat kering (BK)} = \frac{BB}{1 + \frac{KA}{100}} \quad (2)$$

Keterangan:

BK = Berat Kering (Kg)  
BB = Berat basah (Kg)  
KA = Persen Kadar air (%).

### 6. Substitusi Nilai Pengukuran pada Persamaan Alometrik

Beberapa turunan rumus dasar regresi diperoleh persamaan regresi yang dapat dijadikan alternatif pengujian. Persamaan tersebut antara lain sebagai berikut:

Satu peubah bebas;

$$\hat{Y} = aD^b \quad \text{Brown, 1997} \quad (3)$$

$$\hat{Y} = ab^D \quad \text{Tiro, 2002} \quad (4)$$

$$\hat{Y} = a + bD + cD^2 \quad \text{Brown, 1997} \quad (5)$$

Dua peubah bebas;

$$\hat{Y} = a(D^2H)^b \quad \text{Ogawa dkk., 1965} \quad (6)$$

*dalam Widyasari, 2010*

$$\hat{Y} = a+b(D^2H) \quad \text{Brown, 1997} \quad (7)$$

$$\hat{Y} = aD^bH^c \quad \text{Brown, 1986} \quad (8)$$

*dalam Yuniawati, 2011*

Keterangan :

- $\hat{Y}$  = Nilai dugaan
- a = Intersepsi regresi
- H = Tinggi pohon
- b dan c = Konstanta regresi
- D = Diameter

#### D. Analisis Data

Pemilihan penduga model terbaik menggunakan metode skoring terhadap variabel koefisien determinasi ( $R^2$ ) (Draper and Smith, 1992), besarnya bias dan *Mean Square Error Prediction* (MSEP) (Rawlings, 1988), indeks galat / Error Index (EI) (Reynolds *et al.*, 1988 *dalam* Putranto, 2010) adalah sebagai berikut:

$$\text{Bias} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (9)$$

$$\text{MSEP} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (10)$$

$$\text{EI} = \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (11)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (12)$$

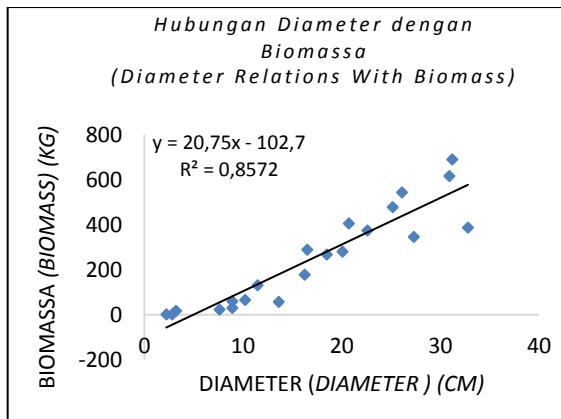
Keterangan :

- $R^2$  = Koefisien determinasi
- $\bar{Y}$  = Nilai tengah yang diamati
- $Y_i$  = Nilai pengamatan ke i
- n = Banyaknya pengamatan
- $\hat{Y}$  = Nilai dugaan Ke i

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

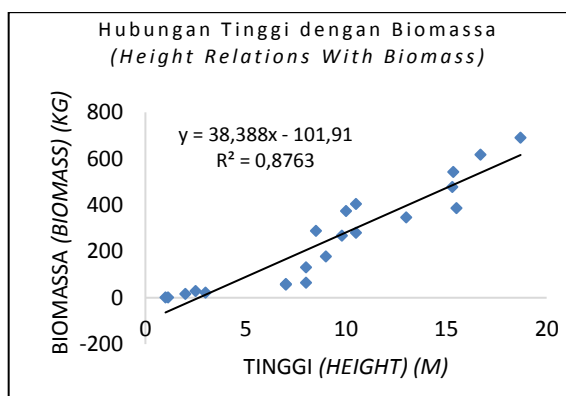
Umumnya kondisi fisik ekosistem mangrove di Kabupaten Polewali Mandar berada pada tanah berlumpur hingga berpasir. Jenis mangrove yang tumbuh pada daerah tersebut yang masih dipengaruhi pasang surut air laut. *Rhizophora apiculata* dapat dijumpai di hampir seluruh wilayah pesisir pantai Kabupaten Polewali Mandar. Hasil observasi sampel pohon di lapangan menunjukkan bahwa karakteristik pohon *Rhizophora apiculata* memiliki diameter 1-35 cm dengan tinggi 1-18,7 m. Untuk mengetahui biomassa pohon *Rhizophora apiculata*, dilakukan pengukuran berat basah pada masing-masing bagian pohon. Hasil pengukuran berat basah rata-rata pohon *Rhizophora apiculata* yaitu batang 217,46 kg; cabang 77,45 kg; ranting 50,74 kg dan daun 24,47 kg. Berdasarkan plot sebaran (Gambar 3 & 4), diameter dan tinggi terhadap biomassa secara keseluruhan dari data yang ada, mempunyai hubungan yang linear. Hubungan ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter pohon maka jumlah biomassa/kg juga semakin berat, begitu pula dengan tinggi pohon, semakin tinggi maka biomassa yang dihasilkan juga bertambah berat.

Berdasarkan uji linearitas diperoleh nilai R Square sebesar 0,857 berasal dari pengkuadratan nilai koefisien korelasi (R). Besarnya nilai R Square hubungan diameter terhadap biomassa adalah 0,857 atau sama dengan 85,7%. Nilai tersebut mengandung arti bahwa hubungan diameter terhadap biomassa sangat kuat, dimana perubahan nilai biomassa dipengaruhi 85,7% oleh diameter, sedangkan sisanya sebesar 14,3% dipengaruhi oleh faktor lain.



**Gambar 4.** Grafik hubungan diameter dengan biomassa *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar.

**Figure 4.** Correlation between diameter and biomass of *Rhizophora apiculata* in Polewali Mandar Regency.



**Gambar 5.** Grafik hubungan tinggi dengan biomassa *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar

**Figure 5.** Correlation between height and biomass of *Rhizophora apiculata* in Polewali Mandar Regency.

Besarnya nilai R Square hubungan tinggi terhadap biomassa adalah 0,876 atau sama dengan 87,6%. Nilai tersebut mengandung arti bahwa hubungan tinggi terhadap biomassa sangat kuat. Sedangkan sisanya = 14,3% dipengaruhi oleh faktor lain.

Rata-rata kadar air tertinggi hingga terendah berurutan masing-masing yakni daun, ranting, cabang, dan batang. Data kadar air ini kemudian digunakan untuk menduga berat kering sampel pohon yang telah diukur seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah kadar air  
**Table 1.** Total moisture content

No. (Number)	Bagian pohon (Tree Parts)	Kadar air (Moisture content) (%)
1	Batang (Stem)	40,67
2	Cabang (branch)	44,08
3	Ranting (stalk)	70,37
4	Daun (leaf)	107,59
<b>Rata-rata (Average)</b>		<b>65,68</b>

Hasil pengukuran setiap bagian pohon dalam keadaan segar, menunjukkan bahwa kadar air tertinggi terdapat pada bagian daun 107,58%, kemudian disusul bagian ranting, cabang dan batang masing-masing 70,36%, 44,08%, dan 40,66%. Tingginya kadar air pada daun disebabkan air banyak menempati sel pada daun untuk berbagai reaksi biokimia, salah satu diantaranya adalah reaksi fotosintesis. Sedangkan rendahnya kadar air pada batang karena pada umumnya bagian batang memiliki kayu teras. Kayu teras tidak berfungsi sebagai saluran air atau zat hara dan tidak dapat berfungsi pula sebagai tempat penyimpanan hasil fotosintesis. Keberadaan kayu teras ini ditandai dengan warna kayu yang berubah menjadi lebih tua karena pengendapan zat-zat ekstraktif.

Analisis kelayakan rumus terhadap 6 model yang disimulasikan diperoleh total skor berkisar 6 hingga 24. Hasil yang diharapkan, nilai analisis sisaan meliputi: Indek bias, Error indeks dan MSEF berada pada nilai terendah, sedangkan koefisien determinasi diharapkan berada pada nilai yang mendekati angka 1. Analisis sisaan menunjukkan nilai perbandingan antara nilai biomassa yang diukur dengan nilai biomassa yang diestimasi menggunakan rumus alometrik yang kemungkinan digunakan. Hasil skoring menunjukkan model dengan 2 peubah yakni diameter (D) dan tinggi pohon (H) memiliki nilai skor tertinggi. Hasil ini berbeda dengan beberapa hasil penelitian yang menghasilkan model alometrik mangrove hanya menggunakan satu peubah yakni diameter.

**Tabel 2.** Hasil analisis nilai skoring model pendugaan biomassa berdasarkan uji validasi  
*Tables 2. The result of the scoring analysis of the biomass estimating scoring models based on the validation test.*

Model alometrik (Allometric models)	Bias (Biased)		Indeks eror (EI)		MSEP		R Square		Total skor (Score total)
	Nilai (Value)	Skor (Score)	Nilai (Value)	Skor (Score)	Nilai (Value)	Skor (Score)	Nilai (Value)	Skor (Score)	
$\hat{Y}=1,02D^{0,949}H^{1,142}$	1,85	6	1074,96	6	6234,97	6	0,95	6	24
$\hat{Y}=0,71(D^2H)^{0,71}$	3,09	4	1098,50	5	7385,33	5	0,95	5	19
$\hat{Y}=0,43D^{2,14}$	2,53	5	1245,08	4	9944,89	4	0,93	4	17
$\hat{Y}=7,04(1,18^D)$	51,18	3	3227,41	3	77893,55	3	0,78	1	10
$\hat{Y}=5,51+0,00002294(D^2H)$	240,76	2	5071,05	2	101075,75	2	0,78	2	8
$\hat{Y}=-73,67+15,95D+0,14D^2$	1,355E+40	1	2,8E+40	1	3,7E+80	1	0,86	3	6



Biomassa memiliki hubungan dengan dimensi batang, diameter dan tinggi keduanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biomassa. Hasil pengukuran menjadi rujukan apakah diameter atau tinggi harus menjadi variabel bebas atau variabel terikat. Hasilnya menunjukkan diameter dan tinggi digunakan dalam analisis data sebagai variabel bebas. Menurut Krisnawati *et al.* (2012), sebagian besar model alometrik penduga biomassa untuk tegakan mangrove di Indonesia menggunakan pendekatan diameter.

Implikasi dari model tersebut dapat digunakan dalam upaya mitigasi perubahan iklim yaitu pengelolaan kawasan mangrove, perdagangan karbon, dan konservasi ekosistem mangrove di wilayah Kabupaten Polewali Mandar.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Hasil analisis diperoleh model alometrik  $\hat{Y}=1,02D^{0,949}H^{1,142}$  berdasarkan jumlah skor tertinggi untuk menduga biomassa dengan pendekatan diameter dan tinggi pohon.

##### B. Saran

Untuk menduga biomassa mangrove jenis *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar dapat menggunakan model alometrik ini sehingga akan lebih efisien waktu dan biaya. Tingkat akurasi model alometrik setiap daerah dipengaruhi oleh jenis tanah dan vegetasi atau jenis tegakan sehingga perlu adanya penelitian lebih mendalam pada setiap jenis mangrove khususnya *Rhizophora sp.*

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Daud Irundu, S.Hut., M.Hut yang telah membantu dalam menemukan rumus model alometrik biomassa *Rhizophora apiculata* di Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anshari, B. (2006). Pengaruh Variasi Tekanan Kempa Terhadap Kuat Lentur Kayu Laminasi dari Kayu Meranti dan Keruing. *Jurnal Civil Engineering Dimention*, 8(1), 25-33.

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI No: 03-6848. Metode Penguji Berat Jenis Batang Kayu dan Kayu Struktur Bangunan. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI No: 7725. Penyusunan Persamaan Alometrik Untuk Penaksiran Karbon Tersimpan Hutan Berdasarkan Pengukuran Lapangan (*ground based forest carbon accounting*). Jakarta.
- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: A Primer*. FAO Forest Paper, 134.
- Draper, N.R. and Smith, H. 1992. *Applied Regression Analysis, Second Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Haygreen, J.G., dan Jim, L. B. (1989). Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Krisnawati, H., Adinugroho WC, Imanuddin R. (2012), *Model-model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan – Kementerian Kehutanan, Bogor.
- Masripatin, N., Kirsfianti, G., Gustan, P. Wayan, S.D., Chairil, A.S., Ari, W., Dyah, P., Arief, S.U., Niken, S., Mega, L., Indartik, Wening, W., Saptadi, D., Ika, H., Heriyanto, N.M., Haris, H.S., Ratih, D., Dian, A., Haruni, K., Retno, M., Dana, A., dan Bayu, S. (2010). Karbon tersimpan Pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia. Tim Perubahan Iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor.
- Putranto, B. (2010). Model Distribusi Diameter, Volume dan Pertumbuhan Lima Jenis Pohon pada Hutan Tropika Basah di Mamuju. Disertasi (Tidak diterbitkan). Program Pascasarjana. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Rahman, Effendi H, dan Rusmana, I.(2017). Estimasi Karbon Stok dan Serapan Karbon Pada Mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *J Ilmu Kehutanan*. 11(1), 19-28.
- Rawlings, J.O. 1988. *Applied Regression Analysis: A Research Tool*. Wadsworth and Brooks/Cole Advance Book & Software. Pasific Grove, California.
- Syahailatua, A. (2008), Dampak Perubahan Iklim Terhadap Perikanan. *J Oseana*, 33(2), 25-32.

- Tiro, M. A. (2002). Analisis Korelasi dan Regresi Edisi Kedua. *Makassar State University*. Makassar.
- Wardhana, W.A. (2010). *Dampak Pemanasan Global*, Yogyakarta (ID): Penerbit Andi.
- Widyasari, E. (2010). Pendugaan Biomassa dan Potensi Karbon Terikat di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Gambut Merang Bekas Terbakar di Sumatera Selatan. Tesis tidak diterbitkan. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Yuniawati. (2011). Pendugaan Potensi Massa Karbon Dalam Hutan Tanaman Kayu Serat di Lahan Gambut; Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat PT. RAPP Sektor Pelalawan, Provinsi Riau. Tesis (Tidak diterbitkan). Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Zulkarnain, Marwah S, Sartika, L. (2016). Sebaran Stok Karbon Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan Melalui Analisis *Backscatter* Citra Satelit Radar Alos Palsar I-Band. *J Ecogreen*, 2(2), 97-105.