



MODEL ALOMETRIK PENDUGA BIOMASSA DAN KARBON SEMAI DI HUTAN MANGROVE PANGARENGAN, CIREBON, JAWA BARAT

Allometric model to estimate biomass and carbon of seedling in Pangarengan mangrove forest, Cirebon, West Java

**Budi Mulyana^{1*}, Ris Hadi Purwanto¹, Puspita Intan Sari¹, Afni Atika Marpaung²,
Muhamad Faqih Hidayatullah³, Ilham Satria Raditya Putra⁴, Agik Dwika Putra⁴,
Rina Reorita⁵**

¹Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Agro No. 1 Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta

²Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Teknik Selatan, Sleman, Yogyakarta

³Program Studi Magister Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta

⁴PT. Cirebon Electric Power, Jl. Raya Cirebon-Tegal Km 8,5, Cirebon, Jawa Barat

⁵Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal
Soedirman, Jl. Dr. Soeparno No. 61 Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah
Email: budimulyana@ugm.ac.id

ABSTRAK

Ekosistem mangrove di Desa Pangarengan, Kabupaten Cirebon memberikan manfaat jasa lingkungan, diantaranya sebagai penjerap dan penyimpan karbon. Umumnya, pendugaan simpanan karbon hutan mangrove menggunakan persamaan alometrik. Namun demikian, persamaan alometrik yang tersedia saat ini masih disusun dari tahapan pertumbuhan pancang, tiang, dan pohon. Tujuan penelitian ini adalah menyusun model alometrik untuk semai di hutan mangrove. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2021 di hutan mangrove Desa Pangarengan, Kabupaten Cirebon. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah kaliper, pita ukur, timbangan digital, dan gunting tanaman. Bahan penelitian berupa semai mangrove jenis *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia caseolaris* sebanyak 25 sampel. Model alometrik terbaik dalam menduga biomassa berat kering dengan prediktor diameter pangkal adalah $Y = 35,013 Dp^{1,860}$ ($R^2_{adj} = 0,873$; $SEE = 0,472$) dengan menggunakan prediktor diameter ujung adalah $Y = 249,573 Du^{2,276}$ ($R^2_{adj} = 0,524$; $SEE = 0,710$), sedangkan alometrik penduga kandungan karbon semai adalah $Y = 5,835 Dp^{1,804}$ ($R^2_{adj} = 0,831$; $SEE = 0,528$) dan $Y = 35,750 Du^{2,107}$ ($R^2_{adj} = 0,607$; $SEE = 0,805$). Model alometrik power dengan prediktor diameter pangkal cukup baik dalam menduga biomassa berat kering dan kandungan karbon semai di hutan mangrove Desa Pangarengan.

Kata kunci: akuntansi karbon, mitigasi, iklim, regresi

ABSTRACT

*The mangrove ecosystem in Pangarengan Village, Cirebon District, provides benefits for environmental services, including as carbon sinks and stores. In estimating the carbon storage of mangrove forests, in general, allometric equations are used. Unfortunately, the allometric equations currently available are still composed of the stages of growth of saplings, poles, and trees. Thus, the purpose of this study was to develop an allometric model for seedlings in mangrove forests. The research was conducted in June 2021 in the mangrove forest of Pangarengan Village, Cirebon District. The equipment that used in the study were calipers, measuring tape, digital scales, and crop shears. Research materials were 25 mangrove seedlings of *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, and *Sonneratia caseolaris*. The best allometric model in estimating dried weight biomass with base diameter predictor is $Y = 35,013 Dp^{1,860}$*

($R^2_{adj} = 0,873$; $SEE = 0,472$) using tip diameter predictor is $Y = 249.573 Du^{2,276}$ ($R^2_{adj} = 0,524$; $SEE = 0,710$). While the allometrics for estimating the carbon content of seedlings were $Y = 5,835 Dp^{1,804}$ ($R^2_{adj} = 0,831$; $SEE = 0,528$) and $Y = 35,750 Du^{2,107}$ ($R^2_{adj} = 0,607$; $SEE = 0,805$). Thus, the power allometric model with base diameter predictor was quite good in estimating dried weight biomass and seedling carbon content in the mangrove forest of Pangarengan Village.

Keywords: carbon accounting, mitigation, climate, regression

PENDAHULUAN

Hutan mangrove di Jawa Barat tersebar di daerah pesisir utara dan daerah pesisir selatan. Berdasarkan data dari Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat (2019) sebaran mangrove tersebut berada di Kabupaten Pangandaran (165,00 ha), Kabupaten Sukabumi (45,00 ha), Kabupaten Bekasi (10.281,15 ha), Kabupaten Karawang (13.381,39 ha), Kabupaten Subang (7.346,00 ha), Kabupaten Indramayu (12.118,55 ha), dan Kabupaten Cirebon (1.780,00 ha). Pada wilayah pesisir utara Jawa Barat, hutan mangrove di Kabupaten Cirebon merupakan yang paling sedikit sehingga keberadaannya harus dijaga.

Alih fungsi hutan mangrove menjadi lahan tambak merupakan salah satu ancaman bagi keberadaan hutan mangrove di wilayah pesisir utara Jawa Barat. Penelitian Luqman, Kastolani, dan Setiawan (2013) dan Raharjo, Setiady, Zallesa, dan Putri (2016) menyatakan bahwa khusus hutan mangrove di Kabupaten Cirebon, degradasi hutan mangrove disebabkan oleh faktor utama yakni perubahan fungsi menjadi lahan tambak. Raharjo *et al.*, (2016) mengungkapkan bahwa hutan mangrove di Kecamatan Pangenan dan Kecamatan Mundu, Kabupaten Cirebon keberadaannya harus dijaga sehingga fungsi jasa lingkungan dapat dipertahankan. Usaha Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat, (2019) dalam menjaga keberadaan hutan mangrove tersebut menyebutkan bahwa selama periode 2014-2018 telah dilakukan kegiatan rehabilitasi hutan mangrove rakyat di Kabupaten Cirebon seluas 357,00 ha.

Hutan mangrove Desa Pangarengan termasuk dalam wilayah Kecamatan Pangenan Kabupaten Cirebon. Hasil kajian Herlian, Purnomo, Erawan, dan Puwanto (2019) dan Purnomo, Taufiqurrahman, dan Gunawan (2019) mengungkapkan bahwa keanekaragaman hayati baik flora dan fauna di hutan mangrove daerah Kecamatan Pangenan dan Mundu relatif sangat baik. Namun, kajian atau penelitian yang mengungkapkan jasa lingkungan hutan mangrove di daerah tersebut sebagai penjerap dan penyimpan karbon belum dilakukan.

Ekosistem mangrove juga berperan penting dalam strategi mitigasi perubahan iklim global dalam menyerap dan menyimpan karbon dibawah permukaan tanah (*belowground*) maupun di atas permukaan tanah (*aboveground*) (Murdiyarso *et al.*, 2015). Penelitian yang mengupas kemampuan mangrove di Indonesia dalam menyimpan karbon telah

dilaksanakan oleh Rahmah *et al.*, (2015) di Aceh; Widyastuti, Yani, Nasution, dan Rochmatino (2018) di Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah; Ariani, Ruslan, Kurnain, dan Kissinger (2016) di Kalimantan Selatan; Matatula, Afandi, dan Wirabuana (2021) di Nusa Tenggara Timur; dan Analuddin *et al.*, (2020) di Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara. Pada umumnya, penelitian-penelitian tersebut menggunakan persamaan alometrik dalam pendugaan biomassa dan kandungan karbon pada tingkat pertumbuhan pancang, tiang, dan pohon.

Model alometrik yang dikembangkan dalam pendugaan biomassa dan karbon untuk jenis-jenis tumbuhan di Indonesia telah dilakukan pada pohon dengan batang tunggal (*single stem*) (Kuswandi, 2016; Qirom, 2018; Qirom & Supriyadi, 2012, 2013; Samsodin, Sukiman, Wardani, & Heriyanto, 2016; Siswanto & Imanuddin, 2008), dan jenis tumbuhan batang majemuk (*multi stem*) (Mulyana, Budi, Soeprijadi, dan Purwanto, 2020). Selain itu, pendugaan biomassa dan batang pohon dengan menggunakan model alometrik juga diterapkan pada pendugaan biomassa dan karbon bambu (Sujarwo, 2016), dan ranting-daun kayu putih (Mulyana *et al.*, 2021). Namun, pendugaan biomassa dan karbon pada tingkat pertumbuhan semai masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model-model alometrik yang sesuai dalam pendugaan biomassa dan kandungan karbon pada tingkat pertumbuhan semai di hutan mangrove Desa Pangarengan, Cirebon.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di hutan mangrove Desa Pangarengan Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Juni 2021. Secara administratif, hutan mangrove Desa Pangarengan masuk ke dalam wilayah Kecamatan Pangenan, Kabupaten Cirebon. Sedangkan secara geografis, hutan mangrove Desa Pangarengan berada pada posisi 6° 45' 35" - 6° 47' 00" Lintang Selatan dan 108° 38' 10" - 108° 39' 05" Bujur Timur.

Bahan dan alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaliper, timbangan digital, gunting tanaman, dan pita ukur. Bahan penelitian adalah semai jenis *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia caseolaris* yang berasal dari hutan mangrove Desa Pangarengan, Kabupaten Cirebon.

Metode Penelitian

Pengambilan data biomassa semai

Semai mangrove yang dijadikan sampel adalah *R. mucronata* (11 sampel), *A. marina* (10 sampel), dan *S. caseolaris* (4 sampel). Jumlah sampel yang berbeda untuk setiap jenis tumbuhan tersebut disebabkan oleh terbatasnya jumlah sampel untuk jenis *S. caseolaris* yang berada di hutan mangrove Desa Pangarengan. Pemilihan sampel dilakukan secara *purposive sampling* dengan kriteria semai sehat (memiliki akar, batang, dan daun) dan tingginya dibawah 150 cm.

Semai mangrove yang sudah diambil dari lapangan kemudian dikeringudarkan. Proses pengeringan dilakukan dengan menjemur sampel di bawah sinar matahari sampai beratnya konstan (Sujarwo, 2016). Proses pengeringan di bawah sinar matahari dilakukan selama kurang lebih 6 jam/hari selama 1 bulan. Setelah mencapai berat kering udara konstan, kemudian berat kering tersebut dikalikan 0,47 untuk memperoleh nilai kandungan karbon (Badan Standarisasi Nasional, 2011a).

Analisis Data

Data yang digunakan dalam penyusunan model alometrik penduga biomassa dan kandungan karbon semai mangrove adalah diameter pangkal (cm), diameter ujung (cm), berat kering (gr), dan kandungan karbon (gr). Model alometrik yang digunakan terdiri dari model regresi linier, logaritmik, eksponensial, polinomial, dan power (Mulyana, Purwanto, Rohman, dan Reorita, 2021; Mulyana *et al.*, 2020).

$$\text{Linear: } Y = \beta_0 + \beta_1 X, \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Logaritmik: } Y = \beta_0 + \beta_1 \ln(X), \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Eksponensial: } Y = \beta_0 e^{\beta_1 X}, \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Polinomial: } Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2, \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Power: } Y = \beta_0 X^{\beta_1}, \dots\dots\dots (5)$$

dengan Y : adalah variable tak bebas (berat kering (gr), kandungan karbon (gr)), X adalah variable bebas (diameter pangkal dan diameter ujung (cm)), β_0 adalah intersep/konstanta, dan β_1, β_2 adalah *slope*/kemiringan.

Data diameter pangkal, diameter ujung, berat kering, dan kandungan karbon dilakukan uji asumsi klasik. Apabila data tersebut sudah berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan analisis statistik dengan menggunakan perangkat lunak statistik. Parameter hasil analisis regresi setiap model alometrik yang dicermati adalah koefisien determinasi (R^2_{adj}) dan *standar error of the estimate* (SEE).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sampel semai *R. mucronata*, *A. marina*, *S. caseolaris* memiliki sebaran diameter pangkal, diameter ujung, dan tinggi yang berbeda-beda (Tabel 1). Semua sampel memiliki tinggi dibawah 150 cm dengan sampel semai *A. marina* memiliki rentang sebaran tinggi yang relatif lebih panjang dibandingkan dengan sebaran tinggi jenis lainnya.

Tabel 1. Karakteristik sampel semai mangrove.

Jenis	Jumlah sampel	Tinggi (cm)		Diameter pangkal (cm)		Diameter ujung (cm)	
		min	maks	min	maks	min	maks
<i>R. mucronata</i>	11	60,0	89,0	1,4	2,0	0,4	0,7
<i>A. marina</i>	10	15,0	72,0	0,2	1,0	0,1	0,4
<i>S. caseolaris</i>	4	51,0	82,0	1,0	1,6	0,4	0,7

Sampel yang digunakan dalam penyusunan model alometrik ditimbang berat basah, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Penyusutan berat basah ke berat kering yang paling tinggi adalah jenis *S. caseolaris* disusul oleh *A. marina*, dan *R. mucronata* (Tabel 2.).

Tabel 2. Berat basah, berat kering, dan kandungan karbon semai mangrove.

Jenis	Jumlah sampel	Berat basah (gr/individu)		Berat kering (gr/individu)		Kandungan karbon (gr/individu)	
		min	maks	min	maks	min	maks
<i>R. mucronata</i>	11	50,5	110,2	20,1	47,9	9,5	22,5
<i>A. marina</i>	10	1,7	40,6	0,4	13,6	0,2	6,4
<i>S. caseolaris</i>	4	59,7	87,2	7,4	10,4	3,5	4,9

Tabel 3. Model alometrik penduga berat kering semai mangrove dengan prediktor diameter pangkal.

Model regresi	Persamaan	R ² _{adj}	SEE
Linier	$Y = -6,487 + 54,601 Dp$	0,668	8,547
Logaritmik	$Y = 19,499 + 17,748 \ln(Dp)$	0,591	9,493
Eksponensial	$Y = 1,179 e^{2,022 Dp}$	0,727	0,671
Polinomial	$Y = -2,294 + 11,519 Dp + 5,244 Dp^2$	0,659	8,657
Power	$Y = 12,415 Dp^{1,804}$	0,831	0,528

Keterangan: Y adalah berat kering (gr), Dp adalah diameter pangkal (cm), SEE adalah *standar error of the estimate*

Model alometrik yang disusun merupakan pendugaan biomassa berat kering semai dengan prediktor diameter pangkal (Tabel 3) dan diameter ujung (Tabel 4). Selain itu, disusun juga model alometrik untuk menduga kandungan karbon pada semai di hutan mangrove Desa Pangarengan (Tabel 5 dan Tabel 6).

Tabel 4. Model alometrik penduga berat kering semai mangrove dengan prediktor diameter ujung.

Model regresi	Persamaan	R ² _{adj}	SEE
Linier	$Y = -5,359 + 54,081 Du$	0,325	12,189
Logaritmik	$Y = 36,220 + 18,437 \ln(Du)$	0,330	12,145
Ekspensial	$Y = 0,930 e^{5,646 Du}$	0,493	0,915
Polinomial	$Y = -16,262 + 117,799 Du - 78,285 Du^2$	0,319	12,240
Power	$Y = 76,063 Du^{2,107}$	0,607	0,805

Keterangan: Y adalah berat kering (gr), Du adalah diameter ujung (cm), SEE adalah *standar error of the estimate*

Tabel 5. Model alometrik penduga kandungan karbon semai mangrove dengan prediktor diameter pangkal.

Model regresi	Persamaan	R ² _{adj}	SEE
Linier	$Y = -3,049 + 10,557 Dp$	0,668	4,017
Logaritmik	$Y = 9,165 \ln(Dp)$	0,591	4,462
Ekspensial	$Y = 0,554 e^{2,022 Dp}$	0,727	0,671
Polinomial	$Y = -1,078 + 5,414 Dp + 2,465 Dp^2$	0,659	4,069
Power	$Y = 5,835 Dp^{1,804}$	0,831	0,528

Keterangan: Y adalah kandungan karbon (gr), Dp adalah diameter pangkal (cm), SEE adalah *standar error of the estimate*

Tabel 6. Model alometrik penduga kandungan karbon semai mangrove dengan prediktor diameter ujung.

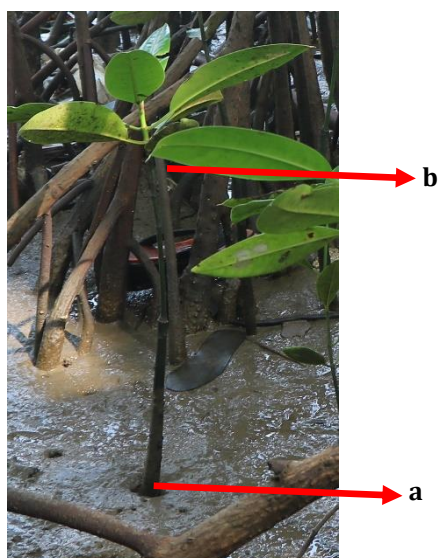
Model regresi	Persamaan	R ² _{adj}	SEE
Linier	$Y = -2,519 + 25,418 Du$	0,325	5,729
Logaritmik	$Y = 16,553 + 8,666 \ln(Du)$	0,330	5,708
Ekspensial	$Y = 0,437 e^{5,646 Du}$	0,493	0,915
Polinomial	$Y = -7,643 + 55,366 Du - 36,794 Du^2$	0,319	5,753
Power	$Y = 35,750 Du^{2,107}$	0,607	0,805

Keterangan: Y adalah kandungan karbon (gr), Du adalah diameter ujung (cm), SEE adalah *standar error of the estimate*

Pembahasan

Model alometrik untuk menduga biomassa dan karbon hutan pada umumnya menggunakan prediktor diameter dan/atau tinggi. Diameter setinggi dada (*diameter at breast height/dbh*) sering digunakan pada jenis-jenis tumbuhan dengan batang tunggal

(*single stem*) seperti pohon nyawai (Qirom & Supriyadi, 2013), balangeran (Qirom, 2018), dan jelutung rawa (Qirom & Supriyadi, 2012). Diameter setinggi dada juga lazim digunakan dalam pendugaan biomassa dan kandungan karbon pada jenis-jenis pohon di hutan mangrove seperti *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera gymnorhiza* (Marlia, Sutarahardja, dan Prihanto, 1999), *Sonneratia* sp. (Kusmana, Hidayat, Tiryan, dan Rusdiana, 2018), dan *Rhizophora mucronata* (Nedhisa & Tjahjaningrum, 2019).



Gambar 1. Semai *R. mucronata*; a adalah diameter pangkal dan b adalah diameter ujung.

Tinggi semai mangrove di Desa Pangarengan dibawah 150 cm (Tabel 1), sehingga data diameter setinggi dada tidak mungkin diperoleh sehingga penelitian ini menggunakan diameter batang semai pada bagian pangkal dan ujung (Gambar 1) sebagai prediktor penduga biomassa dan kandungan karbon. Diameter bagian pangkal dapat diukur pada kondisi perairan sedang surut, sedangkan diameter ujung bisa diukur dalam kondisi perairan pasang atau surut.

Penggunaan variable/parameter tersebut juga digunakan pada pohon dengan batang yang majemuk (*multi stem*) yang tingginya dibawah 130 cm. Jenis-jenis pohon dengan batang majemuk diantaranya, pohon *Gliricidia sepium* di Indonesia (Mulyana *et al.*, 2020), Willow (*Salix* spp.) di Kanada (Jego *et al.*, 2017) dilakukan pengukuran pada ketinggian 30 cm diatas permukaan tanah. Selain itu, penelitian Mulyana *et al.*, (2021) dalam pendugaan biomassa ranting-daun kayu putih menggunakan prediktor diameter batang pada bagian pangkal dan ujung.

Model alometrik untuk penduga biomassa berat kering dengan prediktor diameter pangkal (Tabel 3.) dan diameter ujung (Tabel 4.) yang paling baik adalah bentuk Power. Model Power penduga biomassa berat kering semai mangrove dengan prediktor diameter pangkal adalah $Y = 12,415 Dp^{1,860}$ ($R^2_{adj} = 0,831$ dan $SEE = 0,528$). Sedangkan model Power penduga biomassa berat kering semai mangrove dengan prediktor diameter ujung adalah $Y = 76,063 Du^{2,107}$ ($R^2_{adj} = 0,607$ dan $SEE = 0,805$).

Model alometrik pada semai mangrove dengan bentuk Power tidak hanya untuk pendugaan biomassa dan karbon. Penelitian Hastuti & Hastuti, (2018) pada semai *R. mucronata* dan *A. marina* di tambak silvofishery juga menunjukkan bahwa model alometrik bentuk Power juga cocok untuk mengkaji hubungan antara pertumbuhan diameter dengan tinggi serta pertumbuhan diameter dengan jumlah daun. Namun demikian, nilai koefisien determinasi dari model alometrik dengan bentuk Power untuk hubungan antara pertumbuhan diameter dan pertumbuhan tinggi ($R^2 = 0,595$) serta hubungan pertumbuhan diameter dengan jumlah daun ($R^2 = 0,351$) masih kurang kuat (Hastuti & Hastuti, 2018).

Pemilihan prediktor diameter pangkal (*diameter at the base*) juga diterapkan dalam pendugaan biomassa dan karbon pada semai jenis Pinus (Bloomberg, Mason, Jarvis, dan Sedcole, 2008; Luna *et al.*, 2020). Penelitian Bloomberg *et al.*, (2008) di Selandia Baru dan (Luna *et al.*, 2020) di Mexico menyatakan bahwa model alometrik penduga biomassa dan karbon untuk jenis Pinus yang cocok adalah bentuk Power. Model alometrik bentuk Power menghasilkan koefisien determinasi yang baik diantara 0,830 – 0,970 (Bloomberg *et al.*, 2008; Luna *et al.*, 2020).

Pemilihan model alometrik yang baik berdasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2_{adj}) yang paling besar dan nilai *error* (SEE) yang paling kecil (Badan Standarisasi Nasional, 2011b). Kriteria pemilihan model alometrik berdasarkan pada nilai koefisien determinasi yang paling tinggi dan nilai *error* yang paling kecil juga digunakan dalam penyusunan model alometrik penduga biomassa berat basah pohon *Gliricidia* (Mulyana *et al.*, 2020) dan model alometrik penduga biomassa berat basah ranting daun kayu putih (Mulyana *et al.*, 2021).

Fenomena model alometrik dengan bentuk Power yang menghasilkan nilai koefisien determinasi paling tinggi dan *error* paling rendah juga terjadi pada pendugaan kandungan karbon semai mangrove (Tabel 5. dan Tabel 6.). Model alometrik penduga kandungan karbon dengan prediktor diameter pangkal yang terbaik adalah $Y = 5,835 Dp^{1,804}$ dengan nilai R^2_{adj} sebesar 0,831 dan nilai SEE sebesar 0,528. Lebih lanjut, model alometrik penduga

kandungan karbon dengan prediktor diameter ujung menghasilkan persamaan $Y = 35,750 Du^{2,107}$ ($R^2_{adj} = 0,700$ dan $SEE = 0,710$).

Model alometrik penduga dimensi pohon (volume atau biomassa) dengan prediktor diameter pada umumnya berbentuk Power. Penelitian Qirom & Supriyadi (2012, 2013), dan Qirom, (2018) menunjukkan bahwa model power mampu menduga volume batang pohon secara baik dengan menggunakan prediktor diameter setinggi dada (dbh). Sedangkan hasil penelitian Mulyana *et al.*, (2020) mengungkapkan bahwa model power juga berfungsi dengan baik, dimana diameter juga mampu menduga biomassa berat basah dan kandungan karbon pohon *Glirisia*.

KESIMPULAN

Model alometrik terbaik dalam pendugaan biomassa berat kering dan kandungan karbon semai mangrove di Desa Pangarengan, Kabupaten Cirebon adalah berbentuk Power. Model alometrik penduga berat kering adalah $Y = 35,013 Dp^{1,860}$ dan $Y = 249,573 Du^{2,276}$. Sedangkan model penduga kandungan karbon adalah $Y = 5,835 Dp^{1,804}$ dan $Y = 35,750 Du^{2,107}$.

SARAN

Penelitian ini memiliki kekurangan dalam jumlah sampel dan jenis spesies yang digunakan dalam penyusunan model alometrik. Selain itu, model alometrik yang dihasilkan dalam penelitian ini hanya dapat digunakan di lokasi hutan mangrove Desa Pangarengan, Kabupaten Cirebon. Hal ini mendorong dilakukan studi lanjut dalam penyusunan model alometrik semai hutan mangrove pada berbagai lokasi hutan mangrove. Selain itu, jumlah sampel perlu diperbesar lagi sehingga validasi model alometrik dapat dilakukan terhadap model yang telah disusun sehingga model alometrik dapat mewakili berbagai karakteristik hutan mangrove dan komposisi jenisnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT. Cirebon Electric Power yang telah mendanai penelitian ini dan masyarakat Desa Pangarengan, Cirebon, yang telah membantu proses pengambilan data lapangan. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian Universitas Gadjah Mada yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian, serta reviewer yang juga memberikan telaah yang konstruktif pada artikel ini.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Budi Mulyana berkontribusi dalam pengambilan data lapangan, analisis data, dan penulis utama pada artikel ilmiah ini. Ris Hadi Purwanto berkontribusi sebagai perancang dalam pengambilan data lapangan, analisis data, dan memberi masukan pada draft awal artikel. Afni Atika Marpaung, Puspita Intan Sari, Muhamad Faqih Hidayatullah berkontribusi dalam proses pengambilan data lapangan dan pengolahan data. Agik Dwika Putra dan Ilham Satria Raditya Putra berkontribusi dalam penyediaan data awal dan memberi masukan pada draft awal artikel. Rina Reorita berkontribusi dalam pengolahan data dan analisis statistik untuk model-model regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Analuddin, K., Kadidae, L. O., Haya, L. O. M. Y., Septiana, A., Sahidin, I., Syahrir, L., ... Nadaoka, K. (2020). Aboveground biomass, productivity and carbon sequestration in *Rhizophora stylosa* mangrove forest of Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(3), 1316–1325. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210407>
- Ariani, E., Ruslan, M., Kurnain, A., & Kissinger. (2016). Analisis Potensi Simpanan Karbon Hutan Mangrove Di Area PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk P 12 Tarjun. *EnviroScienteeae*, 12(3), 312–329.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011a). *Standar Nasional Indonesia No. 7724 tentang Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011b). *Standar Nasional Indonesia No. 7725 tentang Penyusunan Persamaan Alometrik Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan Berdasar Pengukuran Lapangan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta.
- Bloomberg, M., Mason, E. G., Jarvis, P., & Sedcole, R. (2008). Predicting seedling biomass of radiata pine from allometric variables. *New Forests*, 36, 103–114. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9086-7>
- Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat. (2019). *Statistika Kehutanan Jawa Barat Tahun 2018. Statistika Kehutanan Jawa Barat Tahun 2018*. Bandung. Retrieved from <http://dishut.jabarprov.go.id/data/Statistik/Statistik2018.pdf>
- Hastuti, E. D., & Hastuti, R. B. (2018). Growth characteristics of mangrove seedling in silvofishery pond - The allometric relationship of height, diameter and leaf abundance. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 130, p. 012015). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/130/1/012015>
- Herlian, A., Purnomo, S., Erawan, M., & Purwanto, A. A. (2019). *Baseline Keanekaragaman Hayati PT. Cirebon Electric Power*. Cirebon.

- Jego, G., Thibodeau, F., Morissette, R., Crepeau, M., Claessens, A., & Savoie, P. (2017). Estimating the yield potential of short-rotation willow in Canada using the 3PG model. *Canadian Journal of Forest Research*, 47, 636–647. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0353>
- Kusmana, C., Hidayat, T., Tiriyana, T., & Rusdiana, O. (2018). Allometric models for above- and below-ground biomass of *Sonneratia* spp. *Global Ecology and Conservation*, 15, e00417. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417>
- Kuswandi, R. (2016). Model Penduga Volume Pohon Kelompok Jenis Komersial Pada Wilayah Kabupaten Sarmi, Papua (Timber volume estimation model for merchantable tree species in Sarmi Regency, Papua). *Jurnal Wasian*, 3(2), 91–96.
- Luna, J. E. M., Anzures, F. C., Mireles, M. A., Sanchez, M. E. R., & Miranda, R. P. (2020). Allometric equations to estimate carbon in seedlings of *Pinus hartwegii* Lindl. *Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(60), 1–16.
- Luqman, A., Kastolani, W., & Setiawan, I. (2013). Analisis Kerusakan Mangrove Akibat Aktivitas Penduduk di Pesisir Kota Cirebon. *Antologi Pendidikan Geografi*, 1(1), 1–10.
- Marlia, R., Sutarahardja, S., & Prihanto, B. (1999). Studi penyusunan tabel volume lokal jenis-jenis komersial ekspor di hutan mangrove HPH PT. Bina Lestari, Propinsi Dati I Riau. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, V (2), 23–32.
- Matatula, J., Afandi, A. Y., & Wirabuana, P. Y. A. P. (2021). Short Communication: A Short Communication: Comparison of stand structure, species diversity and aboveground biomass between natural and planted mangroves in Sikka, East Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(3), 1098–1103. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220303>
- Mulyana, B., Purwanto, R. H., Rohman, & Reorita, R. (2021). Allometric model to estimate biomass of leave-twiggs cajuput (*Melaleuca cajuput*) at KPH Yogyakarta, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 724, p. 012084). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/724/1/012084>
- Mulyana, Budi, Soeprijadi, D., & Purwanto, R. H. (2020). Allometric Model of Wood Biomass and Carbon (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth Ex Walp.) At Bioenergy Plantation in Indonesia. *Forestry Ideas*, 26(1), 153–164.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., ... Kurnianto, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5(12), 1089–1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>
- Nedhisa, P. I., & Tjahjaningrum, I. T. (2019). Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata*. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2), 2337–3520.
- Purnomo, S., Taufiqurrahman, I., & Gunawan. (2019). *Keanekaragaman Hayati PT. Cirebon Electric Power edisi Fauna*. (E. Wibowo, Ed.). Cirebon: Yayasan Kanopi Indonesia dan PT. Cirebon Electric Power.

- Qirom, M. A. (2018). Penyusunan Dan Validasi Model Penduga Volume Jenis Pohon Balangeran (*Shorea balangeran* (Korth.) Burck) Di Kalimantan Tengah (Development and validation of volume prediction model for Balangeran (*Shorea balangeran* (Korth.) Burck) in Central Kalimantan). *Jurnal Wasian*, 5(2), 89–103.
- Qirom, M. A., & Supriyadi. (2012). Penyusunan model penduga volume pohon jenis jelutung rawa (*Dyera polyphylla* (Miq) V. Steenis) (Development of estimating tree volume equations for Jelutung Rawa (*Dyera polyphylla*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 9(3), 141–153.
- Qirom, M. A., & Supriyadi. (2013). Model Penduga Volume Pohon Nyawai (*Ficus variegata* Blume) Di Kalimantan Timur (Tree volume estimation model for *Ficus variegata* Blume in East Kalimantan). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(4), 173–184.
- Raharjo, P., Setiady, D., Zallesa, S., & Putri, E. (2016). Identifikasi Kerusakan Pesisir Akibat Konversi Hutan Bakau (Mangrove) Menjadi Lahan Tambak Di Kawasan Pesisir Kabupaten Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1), 9–24. <https://doi.org/10.32693/jgk.13.1.2015.258>
- Rahmah, F., Basri, H., Konservasi, J., Lahan, S., Unsyiah, P., & Unsyiah, F. P. (2015). Potensi karbon tersimpan pada lahan mangrove dan tambak di kawasan pesisir kota Banda Aceh, 4(April), 527–534.
- Samsuudin, I., Sukiman, H., Wardani, M., & Heriyanto, N. M. (2016). Pendugaan Biomassa Dan Kandungan Karbon Kayu Afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) Di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat (Biomass and carbon stock of *Maesopsis emenii* Engl. at Sukabumi District, West Java). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 73–81.
- Siswanto, B. E., & Imanuddin, R. (2008). Model Penduga Isi Pohon *Agathis loranthifolia* Salisb Di Kesatuan Pemangkuan Hutan Kedu Selatan, Jawa Tengah (Tree volume estimation model of *Agathis loranthifolia* Salisb in Kedu Selatan Forest District, Central Java). *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, V (5), 485–496.
- Sujarwo, W. (2016). Stand biomass and carbon storage of bamboo forest in Penglipuran traditional village, Bali (Indonesia). *Journal of Forestry Research*, 27(4), 913–917. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0227-0>
- Widyastuti, A., Yani, E., Nasution, E. K., & Rochmatino. (2018). Diversity of mangrove vegetation and carbon sink estimation of Segara Anakan Mangrove Forest, Cilacap, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 246–252. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190133>.