

### PROTEKSI ISI LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

## LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 77b64d65-4125-4088-b483-82735ad9a752  
Laporan Kemajuan Penelitian: tahun ke-2 dari 3 tahun

### 1. IDENTITAS PENELITIAN

#### A. JUDUL PENELITIAN

Model Pendugaan Biomassa dan Karbon Pohon Cempaka (*Elmerillia Sp*) pada Tegakan Hutan Rakyat di Kabupaten Minahasa untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca

#### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Manajemen Penanggulangan Kebencanaan dan Lingkungan	-	Penguatan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim global	Statistik

#### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Dasar	SBK Riset Dasar	3	3

### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
YOHANES ANDREAS ROBERT LANGI Ketua Pengusul	Universitas Sam Ratulangi	Matematika		5978732	0
ALTIEN JONATHAN RINDENGAN S.Si, M.Kom Anggota Pengusul 1	Universitas Sam Ratulangi	Matematika	Bertanggung jawab pada database penelitian dan merancang sistem aplikasi serta menyusun laporan kemajuan	5978459	0

			dan laporan akhir		
CHARLES EFERAIM MONGI S.Si, M.Si  Anggota Pengusul 2	Universitas Sam Ratulangi	Matematika	Bertanggung jawab pada pengolahan data statistik, membantu pengambilan data serta membantu menyusun laporan.	258338	0

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

#### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
2	Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional	sudah terbit/sudah dilaksanakan	In the 8th International Conference on Global Optimization and its Application 2019
2	Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional	sudah terbit/sudah dilaksanakan	The 4th International Conference on Operations research 2019
2	Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional	sudah terbit/sudah dilaksanakan	Seminar Nasional "Semirata-Mip Janet 2019"

#### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
2	Hak Cipta	granted	-

### 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

**Total RAB 3 Tahun Rp. 212,982,500**

**Tahun 1 Total Rp. 0**

**Tahun 2 Total Rp. 107,697,500**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Tiket	OK (kali)	1	3,000,000	3,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	50	105,000	5,250,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Paket	1	1,290,000	1,290,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	437,500	437,500
Bahan	Barang Persediaan	Unit	1	45,000	45,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	15,000,000	15,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	1,000,000	1,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	3	2,500,000	7,500,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	1	300,000	300,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	1	1,250,000	1,250,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	3	3,800,000	11,400,000
Pengumpulan Data	Penginapan	OH	6	500,000	3,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	15	20,000	300,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	OH	15	20,000	300,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	17	500,000	8,500,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	60	25,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	80	25,000	2,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	120	25,000	3,000,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	120	25,000	3,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	3	500,000	1,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	4	2,781,250	11,125,000
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	Unit	20	1,350,000	27,000,000

**Tahun 3 Total Rp. 105,285,000**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	1	15,500,000	15,500,000
Analisis Data	Penginapan	OH	2	300,000	600,000
Analisis Data	Tiket	OK (kali)	3	3,000,000	9,000,000
Bahan	ATK	Paket	1	1,735,000	1,735,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	2	300,000	600,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	2	6,900,000	13,800,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	15,000,000	15,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	3	2,500,000	7,500,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	1	300,000	300,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	1	1,500,000	1,500,000
Pengumpulan Data	Tiket	OK (kali)	3	3,800,000	11,400,000
Pengumpulan Data	Penginapan	OH	6	500,000	3,000,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	17	500,000	8,500,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	60	25,000	1,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	80	25,000	2,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	120	25,000	3,000,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	120	25,000	3,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	7,350,000	7,350,000

## 6. KEMAJUAN PENELITIAN

**A. RINGKASAN:** Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Sistem pengelolaan tegakan pada hutan rakyat seperti agroforestri merupakan salah satu pilihan yang lebih baik dalam mengurangi perubahan iklim dibandingkan dengan pilihan lainnya dalam ekosistem terrestrial, karena memiliki manfaat ganda dari sisi ekonomis dan ekologis, seperti membantu kelangsungan pangan, peningkatan pendapatan petani, terpeliharanya keanekaragaman hayati, konservasi tanah, pengurangan emisi gas rumah kaca sebagai dampak pemanasan global dan perluasan tutupan hutan. Pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) merupakan pohon endemik Sulawesi khususnya di Minahasa Sulawesi Utara. Pohon cempaka merupakan salah satu primadona kayu hutan asal Sulawesi Utara.

Dalam penelitian tahun pertama telah terbangun model penduga bagi biomasa pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) dan pada tahun kedua akan dibangun model matematik untuk menduga potensi karbon terikat, dan menentukan model hubungan diantara bagian-bagian pohon seperti volume, tinggi, diameter pohon, dan hubungan antara karbon dan biomassa pohon. Penelitian dilaksanakan pada tegakan hutan rakyat pohon cempaka di kabupaten Minahasa. Sebanyak 20 contoh pohon dipilih untuk ditebang dan digunakan untuk membangun model. Tahapan penelitian dilapangan meliputi pertama penetapan petak lokasi terpilih dan pemilihan petak contoh untuk sampel pohon terpilih menggunakan stratified random sampling. Langkah kedua pengukuran dimensi pohon dan pengambilan sampel tegakan lainnya pada lokasi terpilih. Langkah ketiga pengujian laboratorium untuk mencari berat kering biomassa dan karbon terikat tiap-tiap bagian pohon. Tahapan selanjutnya membangun sistem hubungan alometrik diantara bagian-bagian pohon, dengan menggunakan 40 model persamaan regresi alometrik yang telah dipublikasi, dan dari 10 persamaan alometrik (Langi, et al). Penentuan model meliputi pendugaan parameter, dan penentuan model hubungan terbaik. Model terpilih akan dilakukan validitas model, dan evaluasi model dengan indikator nilai MAPE dan lain-lain. Setelah model terbaik terpilih

maka akan di hitung volume pohon cempaka. Hasil model terpilih yang terbangun akan digunakan untuk mencari potensi stock karbon terikat. Hasil penelitian tahun kedua sampai ketiga berupa model penduga terbaik untuk memprediksi potensi biomasa dan karbon pohon cempaka diharapkan memiliki tingkat kesiapan teknologi ketiga berupa suatu model baru dan inovasi teknologi, dimana model dan simulasi terpilih mampu merumuskan perilaku sistem yang ada.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model penduga biomassa pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) pada tegakan hutan adalah berbentuk model logistic dengan satu peubah penjelas yaitu diameter pohon (dbh). Demikian juga untuk model penduga terbaik dari persamaan regresi alometrik untuk menduga karbon pohon adalah model logistic dengan satu peubah yaitu diameter pohon (dbh).

**B. KATA KUNCI:** Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

pohon cempaka; minahasa; biomasa; karbon; model regresi alometrik

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pada penelitian tahun ke-2 bertujuan untuk membangun model penduga karbon pohon cempaka, menggunakan persamaan regresi alometrik dan menentukan model terbaik. Dalam pembahasan hanya fokus pada pembentukan model penduga karbon.

**Model Penduga Kandungan Karbon Jenis *Elmerrillia sp***

Model penduga kandungan karbon jenis wasian (*Elmerrillia celebica*) dan cempaka (*Elmerrillia ovalis*) diturunkan dari jumlah kandungan karbon total pohon dan bagian pohon sebagai peubah terikat ( $Y$ ) dengan satuan kilogram dengan peubah bebas diameter sebagai peubah ( $X_1$ ) satuan (cm) dan peubah tinggi sebagai peubah ( $X_2$ ) satuan (m). Model penduga persamaan alometrik yang diperoleh untuk menduga kandungan karbon pohon dalam penelitian ini sama dengan model penduga biomassa yaitu model intrinsic linear (*intrinsically linear*) yang berbentuk geometrik yang dapat dilinearakan melalui transformasi logaritmik.

Model persamaan alometrik yang diperoleh adalah :

$$1. \log Y = \log \alpha + \beta \log D_i + \varepsilon_i \dots\dots\dots(1)$$

$$2. \log Y = \log \alpha + \beta \log D_i + \gamma \log H_i + \varepsilon_i \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :  $Y$  = taksiran biomassa (ton/hektar);  $\alpha, \beta, \gamma$  = parameter regresi;  $D$  = diameter pohon (Dbh) (cm);  $H$  = tinggi pohon (m);  $\varepsilon_i$  = galat ke- $i$ .

Tabel 1 menyajikan model persamaan alometrik terpilih, dan kriteria uji statistic untuk pemilihan persamaan regresi yang terbaik. Model persamaan regresi terbaik secara statistic ditunjukkan oleh koefisien determinasi  $R^2(adj)$ , simpangan baku ( $s$ ), *statistic PRESS* dan *statistic F* serta pengujian validasi dengan prosedur jacknife dengan mengamati nilai *MSPE* dan *CV<sub>d</sub>*. Model terbaik memenuhi kriteria, nilai  $R^2$  dan *statistic F* paling tinggi dan nilai  $s$ , *PRESS statistic*, *CV<sub>d</sub>* dan *MSPE* paling rendah (Lampiran 6).

Tingginya nilai koefisien determinasi  $R^2$  persamaan (1) yang diperoleh diantara karbon total pohon dan karbon bagian pohon dengan Dbh, untuk jenis wasian 74,0 – 99,2%) ( $P < 0,05$ ), dan jenis cempaka (75,7 – 99,8%) ( $P < 0,05$ ). Koefisien determinasi diantara logaritma dari Dbh ( $\log D$ ) sangat signifikan, begitu pula indicator lainnya sangat signifikan. Dimana *statistic F* koefisien penduga ( $P < 0,05$ ) sangat signifikan dan *statistic s*, *PRESS*, *MSPE*, dan *CV<sub>d</sub>* sangat kecil. Untuk keperluan kepraktisan dalam penelitian ini dan penerapan model di lapangan, maka model persamaan dengan satu peubah bebas diameter pohon (Dbh) dipilih untuk menduga karbon pohon cempaka dan wasian di kedua lokasi penelitian.

**Tabel 1 Model Penduga Karbon pohon jenis cempaka (*Elmerrillia Sp*)**

Persamaan	$R^2$	$s$	PRESS	F	MSPE	CVd
	Karbon total pohon					
$\log Y = -1,66 + 2,80 \log D$	99,6	0,0383	0,0257	3810,3	0,0124	0,0020
	Karbon batang					
$\log Y = -2,05 + 2,88 \log D$	99,8	0,0295	0,0149	6815,6	0,0067	0,0028
	Karbon cabang					
$\log Y = -2,51 + 2,55 \log D$	98,1	0,0811	0,1194	709,1	0,6782	0,0468
	Karbon ranting					
$\log Y = -3,48 + 3,00 \log D$	98,0	0,0974	0,1773	678,8	0,2460	0,0120
	Karbon daun					
$\log Y = -1,85 + 1,84 \log D$	92,8	0,1154	0,2362	182,2	0,9981	0,2441
	Karbon buah					
$\log Y = -0,255 + 0,491 \log D$	75,5	0,0229	0,0114	7,16*	4,2680	22,411
	Karbon kuliit					
$\log Y = -3,28 + 2,85 \log D$	98,2	0,0879	0,1335	754,2	0,7721	0,3201
$\log Y = -2,70 + 2,69 \log D$						0,4462
	Karbon akar					

97,3      0,1109      0,2242      507,9      0,2210      0,0122

Y= karbon batang, cabang, ranting, daun, buah, kuit, dan akar (kg), D = diameter pohon (cm);  $R^2$  = koefisien determinasi (%), s = simpangan baku; PRESS = predicted residual sum of square, F = statistik F uji koefisien regresi, MSPE = mean square predicted error, CV = koefisien variasi

### Pendugaan Potensi Kandungan Karbon

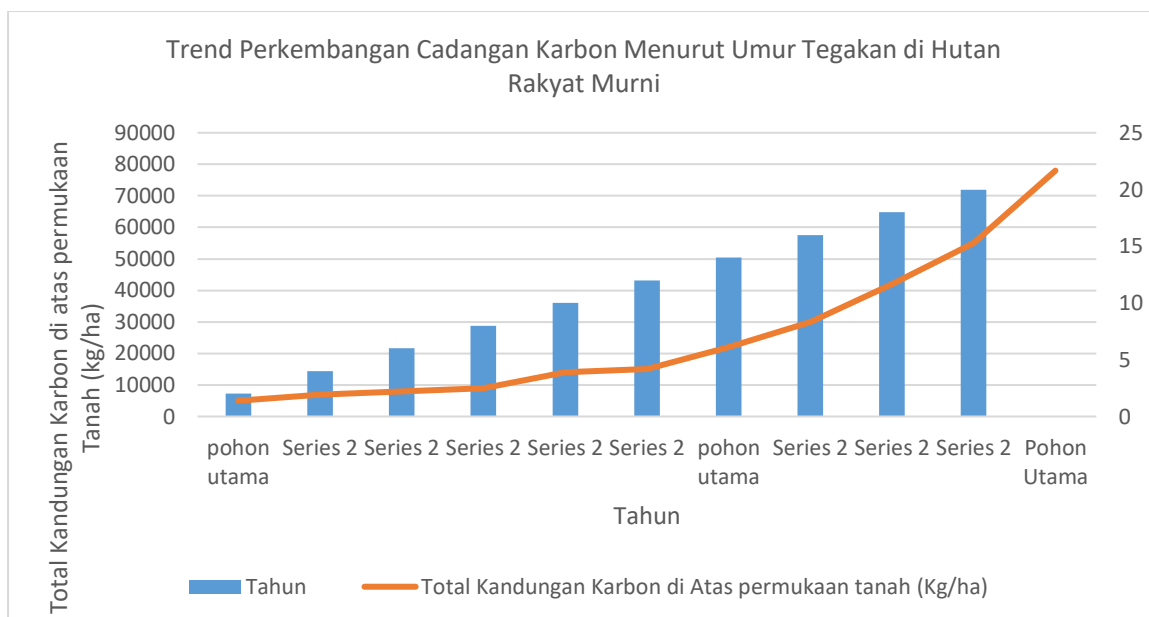
Model pendugaan untuk melihat potensi kandungan karbon pohon untuk jenis *Elmerrilia celebica* dan *Elmerrilia ovals*, disusun berdasarkan nilai-nilai kandungan karbon dari jenis-jenis tersebut melalui persamaan alometrik terpilih Tabel 1. Nilai dengan kandungan karbon pohon diperoleh dengan cara memasukkan peubah diameter (Dhh) kedalam persamaan alometrik terpilih. Nilai kandungan karbon akan dipengaruhi oleh berat jenis, dan kadar air.

Kandungan karbon tegakan jenis *E. ovals* di lokasi tegakan murni (blok 1) nilai total karbon tegakan di duga sebesar 42,384,6 kg/ha, untuk jenis *E. celebica* di duga sebesar 33,449,9 kg/ha. Pada blok 2 nilai total kandungan karbon jenis cempaka 10521,7 kg/ha, dan untuk jenis wasian diduga 37,262,1 kg/ha. Untuk tegakan hutan rakyat pola kebun-campuran, nilai total kandungan karbon pada (blok 1) adalah sebagai berikut, jenis wasian diduga 12,995,7 kg/ha, jenis cempaka 19521,7 dan untuk pohon jenis lain sebesar 8341,4 kg/ha. Begitu juga pada (blok 2) jenis wasian merupakan jenis paling dominan dengan nilai total kandungan karbon sebesar 8498,6 kg/ha, kemudian jenis cempaka dan kandungan terkecil adalah jenis pohon lain hanya sekitar 6079,9 kg/ha. Tabel 2 memperlihatkan nilai total kandungan karbon di kedua lokasi penelitian

Tabel 2 Kandungan Karbon Tegakan Jenis *ELmerrilia sp* dan Jenis lain

Blok	Jenis	Karbon tegakan (kg/ha)							
		Lokasi 1							
		Batang	Cabang	Ranting	Daun	Buah	Kulit	Akar	Total
1	Cempaka	27306,7	5632	2316,4	3364,5	64,7	556,5	3143,6	42384,6
	wasian	22435,3	3903,4	1430,9	2629,1	35,4	354,9	2660,6	33449,9
2	Cempaka	28585,1	6151,2	2706,8	3765,1	59,4	635,3	3389,1	45292,3
	Wasian	27427,1	3197,2	1381,7	2355,7	33,6	347,7	2519,7	37262,1
Lokasi 2									
1	wasian	8748,1	2177,5	660,3	471,7	31,1	335,9	570,9	12995,7
	Cempaka	5073,6	1106,1	473,2	356,5	22,2	198,1	257,8	10521,7
	Jenis lain	4960,7	1603,1	711,3	393,3	28,2	101,3	543,4	8341,4
2	wasian	5746,2	1636,7	250,3	221,1	20,1	218,7	405,3	8498,6
	Cempaka	4414,8	959,4	213,7	208,3	17,6	122,2	227,4	6163,8
	Jenis lain	1960,5	922,7	533,6	224,4	20,7	58,2	359,7	6079,9

\*Blok 1 adalah areal penelitian dan pengambilan sampel (1 ha); Blok 2 adalah areal pendugaan (1 ha)



### Luaran Yang Dicapai

Hasil yang telah dicapai dalam 100% pendanaan dalam pelaksanaan penelitian periode bulan Februari – Oktober 2019 sesuai dengan luaran yang diharapkan adalah berupa dua paper international conference (Conference Serie IOP proceeding indexed in Scopus) dan satu paper publikasi pada jurnal internasional bereputasi dan terindex scopus yang dalam taraf submitted minor, hal ini dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3. Karya Ilmiah dan Publikasi Seminar Internasional

No	Kegiatan	Judul Paper	Waktu dan Tempat	Status
1	Publikasi pada International Journal of Recent Tehcnology and Engineering. Nomor DOI: 10.35940/ijrte.B10410782S719	Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka ( <i>Elmerrilia</i> Sp) in Minahasa District	November 2019	Accepted published on progress
2	The 3 <sup>rd</sup> International Conference on Operations Research	O	Tanggal 19 sd 20 September 2019	Eligible to publish (revised)
3	The 3 <sup>rd</sup> International Conference on Operations Research	Estimation Model Biomass and Carbon Stock Cempaka tree at Agroforestry Stand in Minahasa District to Emission Green House Effect	Tanggal 19 sd 20 September 2019, Unsrat Manado	Revisi pada IOP Proceeding terindex scopus

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Tabel 1. Karya Ilmiah, Publikasi Seminar Internasional, dan Hak Cipta



No	Kegiatan	Judul Paper	Waktu dan Tempat	Status
1	Publikasi pada International Journal of Recent Tehcnology and Engineering. Nomor DOI: 10.35940/ijrte.B10410782S719	Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka ( <i>Elmerrilia</i> Sp) in Minahasa District	November 2019	Accepted published on progress
2	The 3 <sup>rd</sup> International Conference on Operations Research	Optimal Model to Harvesting Sustainable System Tree s Cempaka ( <i>Elmerillia</i> Sp) In Carbon Trade Scenario	Tanggal 19 sd 20 September 2019	Submitted
3	The 3 <sup>rd</sup> International Conference on Operations Research	Estimation Model Biomass and Carbon Stock Cempaka tree at Agroforestry Stand in Minahasa District to Emission Green House Efect	Tanggal 19 sd 20 September 2019, Unsrat Manado	Revisi pada IOP Proceeding terindex scopus

.....

.....

.....

.....

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

.....

.....

.....

.....

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

**Kendala Pelaksanaan Penelitian**

Secara umum pelaksanaan penelitian berjalan dengan baik dan mulai dari tahapan survey, pengambilan data analisis data, hingga pelaporan tidak menemui kendala. Kendala penelitian meliputi:

1. Pencapaian luaran penelitian dimana dalam publikasi jurnal internasional/prosiding bereputasi memakan waktu yang lama (lebih dari 5 bulan), sehingga target yang diharapkan dalam tahun berjalan tidak dapat dipenuhi.
2. Disepanjang tahun 2019 biaya transportasi (tiket pesawat) untuk mengikuti seminar internasional diluar daerah/di luar negeri sangat mahal.
3. Untuk mengganti target luaran wajib prosiding seminar internasional yang diajukan dalam proposal lanjutan tahun ke-2, telah diajukan penulisan karya ilmiah untuk publikasi pada jurnal internasional bereputasi.

.....

.....

.....

.....

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

### RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Dalam pelaksanaan penelitian pada tahun ke-2, masih ada beberapa kegiatan yang akan dilaksanakan, antara lain :

1. Melanjutkan pengembangan model (baik model allometrik pada tahapan validasi dan simulasi model, dengan mengambil data baru pada lokasi yang sama atau lokasi yang berbeda, (bulan september – oktober)
2. Menghitung potensi biomassa dan karbon pada plot petak ukur dan memprediksi potensi biomassa pada satu areal hutan rakyat, (oktober)
3. Memprediksi potensi karbon berdasarkan model allometrik terpilih, (oktober)
4. Menulis paper untuk di publikasi pada jurnal internasional bereputasi
6. Publikasi pada jurnal internasional terindex scopus.

Adapun tujuan penelitian pada tahun kedua ini adalah terbangunnya model penduga karbon untuk menghitung cadangan karbon pohon cempaka pada tegakan hutan rakyat. Pada tahun ke-2 akan membangun model penduga karbon pohon cempaka pada tegakan hutan rakyat cempaka, dan memprediksi cadangan karbon terikat pohon cempaka. Sedangkan pada tahun ke-3 penelitian adalah terbentuknya database potensi biomassa dan stock karbon pohon cempaka berbasis database-spasial. Sehingga dapat di petakan potensi cadangan karbon untuk melihat kemampuan pohon cempaka dalam menyerap karbon sebagai upaya mengurangi efek rumah kaca.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. [http://bpkmanado.litbang.dephut.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=178:sekretaris-badan-litbang-kehutanan-tanam-cempaka-wasian-di-arboretum-bpk-manadohttp](http://bpkmanado.litbang.dephut.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=178:sekretaris-badan-litbang-kehutanan-tanam-cempaka-wasian-di-arboretum-bpk-manadohttp):
2. [Dephut]. 1999. Undang Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Jakarta. Departemen kehutanan RI
3. Draper N, Smith. 1991. Applied Regression Analysis. Second Edition. New York. John Wiley and Sons.
4. PKR, Nair, Editor. 1989. Agroforestry System in Tropics. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 245 p.
5. DN, Pandey. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. London. Publisher Elsevier Science Ltd. Climate Policy (2) 367-377.
6. PKR, Nair, DV, Nair. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry System . <http://www.Idd.go.th/Wcss2002/papers/0989.pdf>. [17 Maret 2005].
7. Sandra Brown, 1999. Guidelines for Inventory and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. Winrock International, Arlington, VA.
8. [MoE] Ministry of Environment Republic of Indonesia. 2003. National Strategy Study on DCM in Forestry Sector, Final Report. Jakarta.York: John Wiley and Sons.
9. Chambers JQ, dos Santos J, Ribeiro RJ, Higuchi N (2001) Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. For Ecol Manage 152:73–8
10. D. Zianis, M. Mencucini. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. Forest Ecology and Management 187: 311-332.
11. Cooper CF (1983) Carbon storage in managed forests. Can J For Res 13:155–166
12. QM, Ketterings, Coe R, MV, Noordwijk, Y Ambagau, CA, Palm. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forest. Forest Ecology and Management 146: 199-209.

13. Tumwebaze, E. Bevillacqua, R Briggs, T Volk. 2015. Allometric Biomass Equation for Tree Species Used in Agroforestry System in Uganda. *Agroforestry System*. 87:781-795
14. W. B. Possu, J. R. Brandle, G. M. Domke, M Schoeneberger. 2016. Estimating Carbon Storage In Windbreak Trees On U.S. Agricultural Lands. *Agroforestry System*. DOI 10.1007/s10457-016-9896-0
15. Sandra Brown, 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer. FAO. Forestry Paper No. 134. USA: FAO. Hlm 10-13.
16. Sandra Brown,AJR Gillespie, AE Lugo, 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Application to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35(4):881-902.
17. KG, MacDicken. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. USA: Winrock International, 1611 N Kent St. Suite 600, Arlington, VA 22209, USA.
18. K. Hairiah, SM. Sitompul, M. van Noorwijk, CA, Palm, 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks above and below ground. Bogor. Indonesia: ICRAF
19. Yohanes A R Langi, E. Suhendang, H. Poernomo. 2007. Model Penduga Biomassa dan Karbon Pohon Cempaka (*Elmerillia* Sp) dan Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis* Sp) Pada Tegakan Hutan Rakyat di Kabupaten Minahasa. [Tesis]. IPB Bogor. [Unpublish]
20. Draper N, Smith H. 1991. *Applied Regression Analysis*. Second Edition. New York: John Wiley and Sons.
- 21.
22. Zianis D, Mencucini M. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. *Forest Ecology and Management* 187: 311-332.
23. S. Milena, K. Markku. 2005. Allometrics Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in A Tropical Humid Forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1) 2 – 8.
24. Jenkins et al. 2003. National-Scale Bimass Estimation for United State Tree Species. USA. *Forest Science* 49(1) : 12 – 35.
25. ....
26. ....
27. dst.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional

Target: sudah terbit/sudah dilaksanakan

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

-

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: The 7th International Conference on Global Optimazation and Its Application

Lembaga penyelenggara: International Operations Research Asociation dan FMIPA Universitas Pakuan

Tempat penyelenggara: Denpasar Bali

Tgl penyelenggaraan mulai: 29 Agustus 2018 | Tgl selesai: 30 Agustus 2018

ISBN/ISSN: 2277-3878

Lembaga pengindeks: Scopus

URL website: [www.icogoia.unpak.ac.id](http://www.icogoia.unpak.ac.id)

Judul artikel: Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka (*Elmerillia Sp*) in Minahasa District

# Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka (*Elmerillia Sp*) in Minahasa District

Yohanes Andreas Robert Langi, Altien Jonatan Rindengan, Charles Eferaim Mongi,  
Rinancy Tumilaar, Martina Langi

**Abstract:** Management of stands in community forests such as agroforestry and stands outside forest areas can reduce greenhouse gas emissions. The agroforestry system is a good choice in reducing climate change compared to other options in terrestrial ecosystems. This study aimed at obtaining the most optimal model to estimate the biomass of Cempaka tree (*Elmerillia Sp*) in community forest stands in Minahasa Regency. The sample was selected through stratified random sampling from two locations. The first location represents the stand of the Cempaka tree community forest, and the second location represents mixed community forest stands. 35 trees were selected for felling, and measurements of wet weight and biomass were carried out based on tree parts. The model to be developed is an allometric regression model of 35 selected trees, and a previously published model. The estimation model obtained is the Cempaka tree biomass estimator model according to tree dimensions such as stems, branches, twigs, leaves, and roots. The results showed that the allometric regression model in the form of logarithmic regression with one independent variable, i.e. diameter of the tree, was quite good in predicting the Cempaka tree biomass. The accuracy of the estimator model for total tree biomass shows  $R^2$  of 99.5% with MSE 0.0023 in pure cempaka tree stands. At the second location the coefficient  $R^2$  is 98.3% with MSE 0.0038. The predictive results show that the cempaka tree in the community forest stands has a biomass content of 62% - 72%, and the stem part is the largest content.

**Index Terms:** Allometric Regression, Biomass, Cempaka Tree, Estimator Model

## I. INTRODUCTION

Good tree management in social forestry such as agroforestry, private forestry can mitigate greenhouse gas (GHG) emission under the Kyoto Protocol. Agroforestry system is a better option in climate change mitigation than terrestrial option because of the secondary benefits such as helping to attain food security, increasing farm income,

**Revised Manuscript Received on April 25, 2019.**

Yohanes Andreas Robert Langi, Department of Mathematics, Sam Ratulangi University, 95115, Manado, Indonesia

Altien Jonatan Rindengan, Department of Mathematics, Sam Ratulangi University, 95115, Manado, Indonesia

Charles Eferaim Mongi, Department of Mathematics, Sam Ratulangi University, 95115, Manado, Indonesia

Rinancy Tumilaar, Department of Mathematics, Sam Ratulangi University, 95115, Manado, Indonesia

Martina Langi, Department of Forestry, Sam Ratulangi University, 95115, Manado, Indonesia

maintaining above-ground and below-ground, biodiversity, soil conservation [1]; reduce emission [2], and expand forest. Agroforestry is a form of management practice community-based forest. Agroforestry has potential as one large enough carbon sink [3]. More than 345 million ha the area of plantation forest and agroforestry has the potential to be developed for carbon conservation and absorption [4]. This practice will result in absorption carbon at around 6.3-16.4 GtC per year, and give contributions to economic benefits for farmers in the CDM framework. The study also states that more than 50% carbon forests can be a product of community-based activities [5].

This study aimed at determining the most optimal model based on the relationship among the tree dimensions to estimate the biomass and carbon potential of the Cempaka tree (*Elmerillia Sp*) by using the allometric regression equation, and determining the allometric relationship between biomass and carbon uptake potency. The model was built based on 35 cempaka trees that were harvested from various diameter and age classes, while the used model was the model that had been previously published.

Research on allometric relations models has been carried out in several types of forests and agroforestry. Estimation of tree biomass has been conducted to predict carbon fluxes [6],[7], and for carbon (C) sequestration on tree parts [8]. Several studies have been developed for several variations of the model of the relationship between tree species biomass in tropical natural forests [9], plantations, and agroforestry [10],[11].

There are two approaches used in Estimation and Measurement of Tree Biomass to estimate tree biomass, i.e. the volume approach and the equation approach [12]. The volume approach is *Above-ground biomass (ton/ha) = VOB x WD x BEF* [13] where:

*VOB* = Volume of branch-free stems with skin ( $m^3 / ha$ )

*WD* = Wood density (oven dry biomass) (tons)

*BEF* = Ratio of total dry tree biomass above-ground with dry biomass of forest inventory.

The equation approach is *Above-ground biomass  $Y = aD^b$*  where:

*Y* = tree biomass (*kg*)

*D* = diameter at breast height (130 cm), *a* and *b* are constants.

# Optimal Model To Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka (*Elmerillia Sp*) in Minahasa District

Some experts develop biomass estimation of allometric relations by building relationships of tree diameter and tree heights [14],[15].

The dimensional analysis (*dbh* and *height*) of a tree has been proven and is able to explain more than 95% of the variation in tree biomass.

## II. MATERIAL AND METHOD

The study material was 35 Cempaka trees (*Elmerillia Sp*) harvested at two locations in Minahasa District, which represented various diameter sizes and tree ages. At the first location, 20 trees were selected which represented the pure stands of Cempaka trees (*Elmerillia Sp*) in the Cempaka agroforestry stands. In the second location, 15 trees selected which represented mixed agroforestry stands. A total of 35 selected trees were taken from 50 sample plots using stratified random sampling. Diameter (*dbh*), height (*h*), basal area (*ba*), crown area, wet weight (*bb*) were measured, while measurements in the laboratory included: oven-dried weight and tree density.

### A. Description of Cempaka (*Elmerillia Sp*)

Cempaka trees are endemic in Minahasa. Two types of Cempaka that can be found in this region are Cempaka (*Elmerillia Sp*) and Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis Sp*). Cempaka trees have moderate growth ability, and widely planted in agroforestry [16]. In natural forests as their habitat, they can have diameter (*dbh*) of 45-55 cm, branch-free height of 15-20 m, estimate lifespan of 30-40 years, while in the agroforestry area which is developed by farmers, can reach lifespan of 20-30 years, have diameter (*dbh*) of 40-50 cm, and branch-free height of 10-15 m [16]. They thrive at around 300-400 meters above sea level, and many are planted in the Minahasa, Tomohon and South Minahasa districts.

### B. Statistical Analysis

The Biomass estimator model used in this model is based on the allometric equation, which is developed from the regression equation model  $Y = f(\zeta, \phi) + \varepsilon$  [17]. The estimation model obtained from this research is intrinsically linear with geometric shape that can be linearized through logarithmic transformations. General form of geometric model  $Y = \alpha X^\beta$ .

Generally, the tree biomass is determined indirectly through allometric equations arranged for tree biomass estimation. Some of allometric equations have been developed by Brown [9], [12],[13] for tree species in tropical forests.

A total of 35 sample trees, especially *Elmerrilla sp*, were chosen to represent tree species in the agroforestry stand. They are the dominant tree species planted in both agroforestry locations, and in Minahasa generally there are no allometric equations available. These samples then be used to construct biomass allometric estimator equation.

### C. Biomass Estimator Stand Model of *Elmerillia sp*

Allometric equation model are constructed from the assumption that there is a significant functional relationship between tree biomass and tree dimension. This relationship is examined using the equation models that was tested previously. The tree dimension used includes allometrics, which considered both one variable dimension and two variable dimension. Allometric equation that typically used in tropical forest are:

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log D_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log D_i + \gamma \log H_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$Y = \alpha + \beta D + \gamma D^2 \varepsilon_i \quad (3)$$

Where:

$Y$  = biomass estimation (*ton/ha*);

$\alpha, \beta, \gamma$  = regression parameters ;

$D$  = Tree's diameter (*Dbh*) (*cm*) ;

$H$  = Tree's Height (*m*) ;

$\varepsilon_i$  = Error.

Equation (1) is an equation that is widely used by researchers [18]-[20], and it is in line with the requirements of accuracy and practically. Equation (2) is an extension of equation (1) by adding the height of the tree. Equation (3) is the second order polynomial equations as proposed by Brown [12] for allometrics biomass tree in tropical forests.

## III. RESULTS AND DISCUSSION

Tables 1 and 2 show the description of the Cempaka tree on both locations. Table 1 shows the agroforestry stand dominated by pure Cempaka trees, while in the second table shows the location of mixed agroforestry stand with other trees.

Table 3 presents the model of the chosen allometrics equation and description of statistical criteria testing for the basis of selecting the best regression equation. The best regression equation model is statistically shown by the coefficient of determination  $R^2$ , standard error estimation ( $s$ ), PRESS Statistic and  $F$  Statistic and also the selection criteria for  $CV_d$  and  $MSPE$  models. The best model has to meet the criteria that has the highest value of  $R^2$  and  $F$  Statistic and the lowest value of  $s$ , PRESS Statistic,  $CV_d$  and  $MSPE$ .

The high of Correlation Value ( $r$ ) obtained between the totals of tree biomass and tree stem with *Dbh*, both types: Wasian and Cempaka. The correlation coefficient ( $r$ ) between logarithm from *Dbh* ( $\log D$ ) and Logarithm from total biomass ( $\log Y$ ) are 99.2 ( $p < 0.05$ ) for Wasian type, and 99.7 ( $p < 0.05$ ) for Cempaka, and between the logarithm from *Dbh* and logarithm from stem's biomass ( $\log \text{Biostem}$ ) are 98.4 ( $p < 0.05$ ) for Wasian, and 99.8 ( $p < 0.05$ ) for Cempaka. Table 13 shows that based on the selection of the best regression parameter models to estimate the totals of tree biomass and part of tree trunk biomass and also other part of tree network which, the equations with one independent variable, i.e. tree diameter, are statistically very significant. This can be seen from the value of coefficient of



determination  $R^2$ : 99.2 and 98.4 ( $p < 0.05$ ) for Wasian type, while for Cempaka  $R^2$  is 99.7% and 99.8% ( $p < 0.05$ ). Also, other statistical indicators such as standard error(s), Press Statistic, MSPE and  $CV_d$  are very small and the highest value are  $R^2$  and F Statistic.

The equation for tree biomass estimation using tree diameter variable is sufficiently reliable to estimate tree biomass. Equation 1 with tree diameter as an estimator variable provides high accuracy compared to equation 2 which includes two estimator variables

(tree diameter and height). The addition of tree height variable statistically only causes little diversity and tends to be unreal ( $p < 0.05$ ) in increasing accuracy of tree biomass estimation. This is reflected by the value of  $R^2$  which tends to be fixed (or only increases slightly) or even tends to decrease. On equation 3, the 2nd order polynomial model with the combination of D and  $D^2$  as independent variables, the result is statistically good enough with very high  $R^2$  values, but the value of s, PRESS, MSPE and  $CV_d$  are very large. However, F statistics ( $p < 0.05$ ) tend not to be significantly different or insignificant and this model is not consistent as a biomass estimator for other parts of the tree network.

**Table 1.** Descriptive statistics of 20 tree samples used developing regression allometric biomass model at agroforestry tree cempaka (*Elmerrilia Sp*) (location which is dominated by cempaka trees)

Tree Dimension	Range	Mean	Se	MSe
Diameter dbh (cm)	20.50-45.25	36.26	9.25	2.64
Total High(m)	23.50-36.25	26.10	8.54	2.28
High branch free (m)	14.50-26.20	13.15	4.86	1.32
Canopy (m <sup>2</sup> )	10.5-13.0	58.0	49.3	11.5
Age (year)	10.00-30.00	15.88	5.5	2.1
Basal Area (m <sup>2</sup> )	328.99-1607.34	1146.50	64.8	7.42
Stem Biomass (kg)	76.2-1565.1	446.7	233.7	50.3
Branch Biomass (kg)	32.5-309.1	66.5	46.6	26.6
Twigs Biomass (kg)	0.98-89.02	22.50	25.85	6.67
Leave Biomass (kg)	2.59-49.34	20.46	14.32	3.70
Fruits Biomassa (kg)	0.00-10.75	1.53	1.90	1.01
Bark Biomass (kg)	10.86-83.20	29.04	21.96	6.19
Root Biomass (kg)	12.6-65.3	34.1	13.0	5.7
Total Biomass (kg)	121.0-2762.0	679.1	303	94

**Table 2.** Descriptive statistics of 15 sampled trees used developing regression allometric biomass model at agroforestry tree cempaka (*Elmerrilia Sp*) (Mix Location Cempaka Tree)

Tree Dimensi	Range	Mean	Se	MSe
Diameter dbh (cm)	17.50-40.00	21.00	10.59	3.99
Total High(m)	16.50-28.55	22.05	6.65	2.97
High branch free (m)	12.0-19.01	10.82	3.99	1.13
Canopy (m <sup>2</sup> )	6.10-13.20	10.22	16.11	8.32
Age (year)	15.0-25.0	20.05	4.74	1.22
Basal Area (m <sup>2</sup> )	239-1599.4	715.2	71.60	11.55
Stem Biomass (kg)	56.3-1330.7	380.5	155.8	81.9
Branch Biomass (kg)	31.9-366.9	77.9	69.3	15.6
Twigs Biomass (kg)	20.9-273.0	69.6	48.5	15.7
Leave Biomass (kg)	11.89-75.69	33.54	18.03	9.43
Fruits Biomassa (kg)	0.00-15.42	5.83	2.90	1.52

Bark Biomass (kg)	8.50-198.0	42.9	20.5	13.0
Root Biomass (kg)	1.3-30.0	26.8	19.1	2.4
Total Biomass (kg)	114.0-2691.0	514.2	674.0	174

**Table 3.** Estimate Biomass Model Selected Cempaka (*Elmerrilia Sp*)

Parts	Equation (Y)	R <sup>2</sup>	s	PRESS	F	MSPE	CV
First Location							
Stem	0.0971D <sup>3.49</sup>	98.4	0.0703	0.08935	862.86	0.124	0.0012
Branch	0.0240D <sup>2.39</sup>	97.5	0.0853	0.12890	543.44	0.667	0.0654
Twigs	0.0096D <sup>2.47</sup>	96.4	0.1055	0.18737	376.66	0.766	0.0466
Leaf	0.137D <sup>1.63</sup>	89.3	0.1245	0.29183	117.86	2.044	1.0668
Fruit	0.0013D <sup>2.49</sup>	74.1	0.0547	0.05679	6.71**	2.124	3.2001
Skin	0.0081D <sup>2.51</sup>	95.6	0.1187	0.23706	308.1	0.881	0.6241
Root	0.0302D <sup>2.29</sup>	95.3	0.1123	0.22407	287.57	0.662	0.3210
Total	0.1991D <sup>2.40</sup>	99.2	0.0479	0.04115	1730.72	0.225	0.0126
Second Location							
Stem	0.0263D <sup>2.79</sup>	99.8	0.0269	0.01181	8256.96	0.027	0.0012
Branch	0.0091D <sup>2.49</sup>	98.1	0.0835	0.12363	730.05	0.212	0.2011
Twigs	0.0023D <sup>2.89</sup>	98.1	0.0901	0.15164	736.63	0.679	0.3144
Leaf	0.0631D <sup>1.83</sup>	93.6	0.1077	0.21321	206.39	1.674	1.0960
Fruit	0.7112D <sup>0.624</sup>	77.2	0.0280	0.01698	7.76**	4.88	6.09
Skin	0.0021D <sup>2.88</sup>	98.3	0.0849	0.12203	825.02	0.114	0.0124
Root	0.1D <sup>2.67</sup>	96.9	0.1084	0.25823	432.75	2.680	1.2442
Total	0.0646D <sup>2.71</sup>	99.7	0.0331	0.01998	4795.74	0.013	0.0012

#### IV. CONCLUSION

The allometric equation model with one independent variable that is tree diameter (Dbh) is the best model and is reasonably reliable and consistent in estimating biomass potency and carbon uptake of Cempaka tree in agroforestry. The selected allometric equation model for estimating total biomass of Cempaka tree is  $Y = 0.0646D^{2.71}$  with the coefficient of determination ( $R^2$ ) = 99.7%, and for Cempaka domination is  $Y = 0.1991D^{2.40}$  with the coefficient of determination ( $R^2$ ) = 99.2 %.

#### ACKNOWLEDGMENT

This research is funded by Kementerian Riset Teknologi and Pendidikan Tinggi via DRPM in year of 2018 (Skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi).

#### REFERENCES

1. P. K. R. Nair, Agroforestry System in Tropics. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1989.
2. D. N. Pandey, "Carbon sequestration in agroforestry systems", Climate policy, vol. 2, no. 4, pp. 367-377, 2002.
3. P. K. R. Nair and D. V. Nair, "Carbon Sequestration in Agroforestry System", 2002. <http://www.idd.go.th/Wess2002/papers/0989.pdf>. [ Acces 17 Maret 2005].
4. S. Brown, Guidelines for Inventory and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. Airlinton: Winrock International, 1999.
5. Ministry of Environment Republic of Indonesia, National Strategy Study on DCM in Forestry Sector, Final Report, 2003.
6. J. Q. Chambers, J. Dos Santos, R. J. Ribeiro and N. Higuchi, "Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest", Forest Ecology and Management, vol. 152, no. (1-3), pp. 73-84, 2001.
7. D. Zianis and M. Mencuccini, "On simplifying allometric analyses of forest biomass", Forest Ecology and Management. vol. 187, pp. 311-332, 2004.



## Optimal Model To Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry Stand Cempaka (*Elmerillia* Sp) in Minahasa District

8. C. F. Cooper, "Carbon storage in managed forests." Canadian journal of forest research, vol. 13, no. 1, pp. 155-166, 1983.
9. Q. M. Ketterings, R. Coe, M. van Noordwijk and C. A. Palm. "Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests." Forest Ecology and management, vol. 146, no. (1-3), pp. 199-209, 2001.
10. S. B. Tumwebaze, E. Bevilacqua, R. Briggs and T. Volk, "Allometric biomass equations for tree species used in agroforestry systems in Uganda." Agroforestry systems, vol. 87, no. 4, pp. 781-795, 2013.
11. W. B. Possu, J. R. Brandle, G. M. Domke, M. Schoeneberger and E. Blankenship, "Estimating carbon storage in windbreak trees on US agricultural lands." Agroforestry Systems, vol. 90, no. 5, pp. 889-904, 2016.
12. S. Brown, Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Rome: Food and Agriculture Org, 1977.
13. S. Brown, A. J. Gillespie and A. E. Lugo, "Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data", Forest science, vol. 35, no. 4, pp. 881-902, 1989.
14. K. G. MacDicken, A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. USA: Winrock International, 1977.
15. K. Hairiah, S. M. Sitompul, M. Van Noordwijk and C. Palm, Methods for sampling carbon stocks above and below ground . Bogor: ICRAF, 2001.
16. Yohanes, A. R Langi, E. Suhendang and H. Poernomo, Model Penduga Biomassa dan Karbon Pohon Cempaka (*Elmerillia* Sp) dan Cempaka Wasian (*Elmerillia* Ovalis Sp) Pada Tegakan Hutan Rakyat di Kabupaten Minahasa. Magister Thesis, Institut Pertanian Bogor, 2007.
17. N. Draper and H. Smith, Applied Regression Analysis. New York: John Wiley and Sons, 1991.
18. D. Zianis and M. Mencuccini. "On simplifying allometric analyses of forest biomass", Forest Ecology and Management. vol. 187, pp. 311-332, 2004.
19. S. Milena and K. Markku. "Allometrics Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in A Tropical Humid Forest in Costa Rica." Biotropica, vol. 37, no. 1, pp. 2-8, 2005.
20. J. C. Jenkins, D. C. Chojnacky, L. S. Heath and R. A. Birdsey. "National-scale biomass estimators for United States tree species", Forest science, vol. 49, no. 1, pp. 12-35, 2003.



Daftar capaian Luaran Wajib belum diisi:

1. Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional, target: sudah terbit/sudah dilaksanakan
2. Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional, target: sudah terbit/sudah dilaksanakan

Daftar capaian Luaran Tambahan belum diisi:

1. Hak Cipta, target: granted