

Kode>Nama Rumpun Ilmu : **122/Statistik**
Bidang Fokus : Teknologi Manajemen
Penanggulangan Kebencanaan

**LAPORAN AKHIR TAHUN
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**MODEL PENDUGAAN BIOMASSA DAN KARBON POHON
CEMPAKA (*Elmerillia Sp*) PADA TEGAKAN HUTAN RAKYAT DI
KABUPATEN MINAHASA UNTUK MENGURANGI EMISI GAS
RUMAH KACA**

Tahun ke-1 dari rencana 3 tahun

TIM PENGUSUL

Yohanes A. R. Langi, S.Si., M.Si	NIDN 0013067002	(Ketua)
Altien J. Rindengan, S.Si, M.Kom	NIDN 0027047403	(Anggota)
Charles E. Mongi, S.Si, M.Si	NIDN 0004018401	(Anggota)

**UNIVERSITAS SAM RATULANGI
NOVEMBER 2018**

Dibiayai Oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018

HALAMAN PENGESAHAN

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

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : YOHANES ANDREAS ROBERT LANGI, S.Si, M.Si
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIDN : 0013067002
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Matematika
Nomor HP : 085298137118
Alamat surel (e-mail) : yarlangi@unsrat.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : ALTIEN JONATHAN RINDENGAN S.Si, M.Kom
NIDN : 0027047403
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

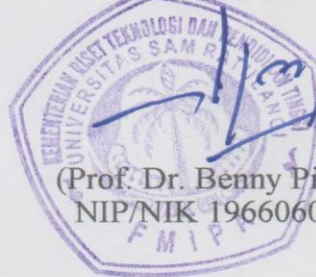
Anggota (2)

Nama Lengkap : CHARLES EFERAIM MONGI S.Si, M.Si
NIDN : 0004018401
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 72,415,000
Biaya Keseluruhan : Rp 327,415,000

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNSRAT

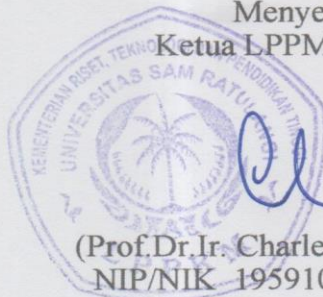


(Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc.)
NIP/NIK 196606041995121001

Kota Manado, 7 - 11 - 2018
Ketua,

(YOHANES ANDREAS ROBERT LANGI,
S.Si, M.Si)
NIP/NIK 197006132005011001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNSRAT



(Prof. Dr. Ir. Charles Kaunang, M.S.)
NIP/NIK 195910181986031002

RINGKASAN

Pengelolaan tegakan dalam hutan rakyat seperti agroforestry, dan tegakan diluar kawasan hutan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dalam kerangka Protokol Kyoto. Sistem 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 dan perluasan hutan. Pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) adalah pohon endemik di Minahasa, merupakan salah satu primadona kayu asal Sulawesi Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model penduga terbaik untuk menduga biomasa pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) dan menduga potensi kandungan biomasa pada tegakan hutan rakyat di kabupaten Minahasa.

Penelitian dilaksanakan pada tegakan hutan rakyat pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) di Kabupaten Minahasa. Model yang akan dikembangkan menggunakan model alometrik dan persamaan taper pohon untuk menghitung volume dan biomassa pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) pada tegakan hutan rakyat. Tahapan penelitian dimulai dengan penentuan petak lokasi penelitian, penetapan petak lokasi dan pohon contoh terpilih. Sebanyak 35 contoh pohon terpilih, di pilih menggunakan stratified random sampling, kemudian dilakukan destruktif sampling terhadap tegakan terpilih. Pengambilan data dilapangan meliputi pengukuran dimensi pohon seperti diameter pohon, tinggi pohon, luas bidang dasar, dan umur pohon. Pembuatan model hubungan alometrik akan mengacu pada metodologi penelitian pendahuluan yang telah dilakukan pada tahap ini menggunakan bantuan software. Pada tahapan analisis data akan dicari model hubungan terbaik, kemudian dilakukan validitas model, dan evaluasi model dengan indikator nilai MAPE dan lain-lain. Setelah model terbaik terpilih maka akan di hitung volume pohon dengan luaran berupa tabel volume pohon cempaka.

Hasil penelitian menunjukkan dari persamaan regresi alometrik dengan satu peubah bebas diameter pohon (dbh), merupakan penduga terbaik untuk memprediksi potensi biomasa tegakan hutan rakyat pohon cempaka (*Elmerillia Sp*), dengan koefisien determinasi $R^2 = 99,8\%$ dengan model terbaik $Y = 0,0646D^{2,71}$, pada lokasi pertama. Sedangkan pada lokasi petak ukur ke-2 dengan persamaan terbaik adalah $Y = 0,1991D^{2,40}$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 99,1 %, MAPE = 0,0032. Tegakan hutan rakyat pohon cempaka (*Elmerillia Sp*), memiliki kandungan biomasa pohon cempaka yang cukup besar.

Keyword: model alometrik, pohon cempaka, hutan rakyat, biomasa, karbon

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang oleh kasihNya sehingga pelaksanaan penelitian berjalan dengan baik sehingga Laporan Akhir Tahun Penelitian untuk tahun pertama dari rencana tiga tahun telah dilaksanakan.

Penelitian ini merupakan penelitian yang di danai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi, dengan judul “Model Pendugaan Biomassa dan Karbon Pohon Cempaka (*Elmerillia Sp*) pada Tegakan Hutan Rakyat Di Kabupaten Minahasa Untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca”. Penelitian ini merupakan penelitian tahun ke-1 dari 3 tahun usul penelitian.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian, sehingga dapat berjalan dengan lancar.

Manado, November 2018
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
BAB 4. METODE PENELITIAN	9
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	12
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	19
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	19
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	22
Lampiran 1. Sertifikat Seminar Internasional ICOGOIA 2018	
Lampiran 2. Sertifikat Seminar Internasional ICOR 2018	
Lampiran 3. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja	
Lampiran 4. Paper Eligibel (accepted) pada Journal of Physics	

DAFTAR TABEL

Nomor	Hal
1. Descriptive statistics of 20 sampled trees used developing regression allometric biomass model at agroforestry tree cempaka (Elmerrilia Sp) (Located tree cempaka)	13
2. Descriptive statistics of 15 sampled trees used developing regression allometric biomass model at agroforestry tree cempaka (Elmerrilia Sp) (Located mix tree cempaka)	13
3. Estimate Biomass Model Selected Cempaka (Elmerillia Sp)	15
4. Karya Ilmiah dan Publikasi Seminar Internasional	18

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Hal
1. Road Map Penelitian	10
2. Bagan Penelitian	11

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelolaan tegakan hutan rakyat seperti agroforestry, kebun rakyat dan tegakan diluar kawasan hutan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dalam kerangka Protokol Kyoto. Sistem 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 dari ragam tanaman yang dikelola, terpeliharanya keanekaragaman hayati yang ada diatas dan dibawah tanah, konservasi tanah, pengurangan emisi dan perluasan hutan. Pohon cempaka wasian (*Elmerillia celebica*) adalah pohon endemik Sulawesi Utara khususnya Minahasa, yang merupakan salah satu primadona kayu hutan asal Sulawesi Utara. Data menunjukkan bahwa dalam 20 (duapuluh) tahun terakhir kesadaran masyarakat dalam menanam dan mengusahakan pohon cempaka di lahan milik, meningkat dengan pesat.

Aktivitas manusia seperti pengrusakan hutan, penambangan dan pembukaan lahan secara tidak bertanggung jawab, adalah sebagian kecil dari penyebab pemanasan global dimana hutan sebagai salah satu sumber penyerap karbondioksida telah terdegradasi. Berbagai upaya telah dilakukan oleh banyak negara termasuk Indonesia untuk mengembalikan fungsi hutan, diantaranya adalah menggalakkan hutan tanaman rakyat dimana petani sebagai pemilik lahan diberikan kemudahan berupa bibit tanaman pohon yang bernilai ekonomis dan ekologis. Pohon cempaka (*Elmerillia Sp*) merupakan salah satu pohon endemik Minahasa yang kini telah habis di tebang oleh masyarakat pada ekosistem aslinya yaitu hutan alam, guna mengejar pendapatan. Data Sensus Pertanian tahun 2013 di Kabupaten Minahasa menunjukkan bahwa adanya peningkatan sangat signifikan sebesar 109 % rumah tangga petani yang menanam dan mengusahakan pohon cempaka di lahan milik.

Peningkatan rumah tangga petani cempaka dan luas areal hutan rakyat pohon cempaka di Kabupaten Minahasa, tidak lagi sebanding dengan pengetahuan masyarakat akan hubungan biometric pohon cempaka, terutama tentang bagaimana mengukur volume pohon secara tepat, bagaimana mengukur potensi biomassa dan karbon pohon serta mengetahui potensi cadangan karbon dalam skenario Protokol Kyoto. Kondisi ini terjadi karena belum

adanya model penduga volume dan biomassa pohon cempaka. Dengan adanya model penduga maka petani dengan mudah menghitung nilai ekonomis dan ekologis pohon sebelum dilakukan pemanenan, di banyak negara Eropa, Amerika Utara dan Selatan serta Afrika telah terbangun sistem inventori berupa volume dan biomassa dari beberapa jenis pohon yang dikembangkan dari model penduga volume dan biomassa. Pendekatan model alometrik sebagai salah satu metode biometrika hutan dalam bidang ilmu statistika. Output dari model yang kami akan kembangkan, dapat menjadi suatu inovasi teknologi dalam bidang statistika dan manajemen pengelolaan hutan yang dapat membantu usaha pemerintah dan perguruan tinggi dalam inventarisasi hasil hutan dan metode dalam menghitung potensi karbon pohon dalam kerangka Protokol Kyoto, dimana Indonesia telah meratifikasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahun 2007 penelitian untuk melihat model penduga biomasa dan karbon pohon cempaka telah dilakukan, pada diameter pohon kurang dbh 30 cm (Langi, Suhendang dan Poernomo). Begitu pula penelitian tentang hutan rakyat (agroforestry) sebagai suatu sistem hutan rakyat yang memiliki kemampuan dalam menyerap karbon telah dilakukan oleh Kettering, 2011, dan Mc Dicken 1998.

Inovasi utama dalam penelitian ini memperkenalkan potensi pohon cempaka sebagai pohon endemik di Minahasa dalam kemampuan untuk menyerap karbon, sebagai upaya mengurangi emisi karbon di udara sebagai dampak pemanasan global. Kondisi ini sangat penting mengingat semakin menipisnya kemampuan hutan alam primer dalam menyerap karbon sebagai akibat pengrusakan hutan.

2.1. Hutan Rakyat

Hutan rakyat dalam pengertian menurut (UU No. 41 Tahun 1999) adalah hutan yang tumbuh diatas tanah yang dibebani hak milik maupun hak lainnya dengan ketentuan luas minimum 0,25 ha dan penutupan tajuk tanaman kayu-kayuan lebih dari 50%. Hutan rakyat sebagai hutan buatan yang terletak di luar kawasan hutan Negara, yang dibangun pada lahan milik atau gabungan dari lahan milik yang ditanami pohon yang pengolaannya dilakukan oleh pemilik atau badan usaha.

Praktek hutan rakyat di Indonesia telah lama dusahakan dengan beragam bentuk. Berdasarkan jenis tanaman dan pola penamannya hutan rakyat dapat digolongkan kedalam bentuk hutan rakyat murni, hutan rakyat campuran dan hutan rakyat dengan pola wanatani (*agroforestry*).

Hutan rakyat sistem agroferstri adalah bentuk hutan rakyat yang mempunyai usaha kombinasi kehutanan dengan tanaman musiman, tanaman pangan dan peternakan secara terpadu pada satu lokasi. Hutan rakyat dengan sistem agroferstri berorientasi kepada optimilisasi penmanfaatan lahan, baik dari segi ekonomi maupun ekologi. Sistem agroforestri memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang cukup tinggi, selain ragam pendapatan juga memberi keuntungan ganda melalui pemanenan bertahap yang berkasinambungan serta terjadinya kesinambungan kesuburan tanah dan air. Aktivitas hutan rakyat yang paling dominan dilakukan di Minahasa adalah praktek hutan rakyat sistem agroforestri.

Nair (1995) mengemukaakn empat komponen utama sebagai ciri khas agroforestri, yaitu: (1) menghasilkan beragam keluaran yang dikombinasikan dalam perlindungan

sumberdaya, (2) menggunakan jenis lokal, tumbuhan bawah dan pohon serba guna yang bertujuan agar agroforestri sesuai dengan lingkungannya, (3) lebih mengedepankan nilai-nilai sosial budaya, (4) praktek yang dilakukan lebih rumit daripada jenis monokultur.

2.2. Deskripsi Pohon Cempaka

Cempaka *Elmerrillia Sp* (Miq.) Dandy, termasuk Magnoliaceae. Biasanya di Indonesia dan Malaysia kayu *Elmerrillia* diperdagangkan secara bersama-sama dalam kategori dari *Michelia spp*, dan *Magnolia spp*. Di Indonesia cempaka dikenal dengan nama cempaka. Cempaka hutan, di Malaysia chempaka. Beberapa nama daerah antara lain: minjaran (Sumatra), arimot (Biak), cempaka hutan kasar (Sulawesi), dan cempaka hutan alus atau wasian (Sulawesi Utara). Jenis wasian ini lebih merupakan jenis endemik dan hanya ditemukan dan bertumbuh di Sulawesi Utara.

Asal-usul dan distribusi geografis. *Elmerrillia* memiliki 4 spesies yang ditemukan di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Filipina. Dua spesies berasal dari Filipina, spesies ketiga (*E. celebica*) hanya di Sulawesi Utara, dan spesies keempat berada di Sumatra.

Kegunaan. Kayu cempaka telah diperdagangkan sejak lama baik dalam bentuk kayu bulat, kayu gergajian dan konstruksi jadi seperti furniture, lemari, pintu, jendela maupun rumah jadi, perahu, panel, alat olahraga, musik kolintang dan plywood. Di Minahasa jenis kayu ini banyak digunakan terutama bahan baku industri rumah panggung (rumah adat).

Produksi dan perdagangan. Kayu *Elmerrillia* banyak diperdagangkan dan memiliki kualitas yang baik dan permintaan akan kayu tersebut terutama dalam bentuk rumah jadi sangat tinggi dan telah memasuki pasaran ekspor ke Eropa. Begitu juga permintaan baik domestik maupun ekspor sangat tinggi. Harga kayu lokal di Minahasa jenis cempaka Rp. 2,8 juta/m³ dan jenis wasian Rp. 3,7 juta/m³.

Sifat-sifat. Jenis cempaka termasuk dalam kelas awet **II** dan kelas kuat **III** dengan berat jenis 0,41-0,61, kerapatan kayu 400 - 500 kg/m³.

Deskripsi biometrik. Dalam habitatnya di hutan alam di Minahasa, untuk cempaka ukuran maksimum, pada pohon selalu hijau tinggi 45 m, diameter 150-200 cm, kadang-kadang dijumpai berukuran agak pendek dan bercabang banyak, batang berwarna agak abu-abu kecoklatan, kayu berwarna putih kekuning-kuningan, daun berbentuk seperti spiral, 7-36 x 4-16 cm. Jenis wasian pada habitat aslinya memiliki ukuran maksimum tinggi 60 m, diameter 150-250 cm. Umumnya berbentuk bulat lurus batang berwarna agak abu-abu, kayu berwarna agak kekuning-kuningan, daun berbentuk agak spiral memanjang pada bagian

belakang daun (punggung) Nampak lapisan lignin seperti lilin keputih-putihan, ukuran 10-46 cm x 4-15 cm.

Pertumbuhan dan pengembangan. Pada percobaan penanaman di areal hutan rakyat yang kaya hara jenis *Elmerrillia* pada umur 6-7 tahun memiliki tinggi 15-20 m dan diameter 15-25 cm setelah penanaman (MAI 2-3 cm, dengan tinggi bebas cabang 8-10m).

Ecology. *Elmerrillia* spp merupakan tumbuhan utama (endemik) maupun kedua pada hutan hujan tropis, mulai dari hutan daratan rendah sampai hutan pegunungan sampai 2000 m dpl khususnya di Sulawesi Utara dan tumbuh subur pada tanah jenis vulkanik.

Silvikultur dan pengelolaan. Secara lokal khusus di Minahasa, cempaka dan wasian merupakan jenis paling penting dan dominan baik di hutan alam merupakan di hutan rakyat, baik yang tumbuh alami maupun ditanam. Pada hampir setiap seperti di Gunung Klabat dan Minahasa bagian selatan untuk pohon dbh > 20 yang ditemukan, sekitar 20% nya adalah jenis cempaka dan wasian. Pergantian tanaman umumnya berlangsung secara alami, sekitar 30 permudaan cempaka dan wasian ditemukan setiap tahunnya dalam luasan 20 ha.

Pemanenan dan hasil. Pemanenan umumnya bersifat selektif tebang pilih dan tanam baik di hutan alam maupun di hutan rakyat. Pemanenan dilakukan bila kayu telah memiliki harga jual umumnya pada umur 30-40 tahun dbh 60-100 cm, bila keperluan untuk konsumsi sendiri panen biasanya pada umur 25-30 tahun dbh 50-60 cm. Produksi rata-rata per tahunnya adalah volume 56m³/ha. Kayu *Elmerrillia* sp dalam 30 tahun terakhir memiliki prospek yang cukup baik dan telah di tanam pada hampir setiap tipe lahan.

2.3. Model Persamaan Alometrik

Pengukuran biomassa vegetasi dapat memberikan informasi tentang karbon dalam vegetasi secara keseluruhan, atau jumlah bagian-bagian tertentu seperti kayu yang sudah diekstraksi. Metode pendugaan biomassa diatas permukaan tanah secara garis besar dikelompokkan menjadi dua (Chapman, 1976), yaitu:

1. Metode pemanenan (*destruktif*)

a) Metode pemanenan individu tanaman, metode ini digunakan pada kerapatan tanaman individu tumbuhan cukup rendah dan komunitas tumbuhan dengan jumlah yang sedikit. Nilai total biomassa dengan metode ini diperoleh dengan menjumlahkan biomassa seluruh individu dalam suatu unit area contoh.

b) Metode pemanenan kuadrat, metode ini mengharuskan menanam semua individu

dalam suatu unit area contoh dan menimbanginya. Nilai total biomassa diperoleh dengan mengkonversi berat bahan organik yang dipanen dalam suatu unit area.

c) Metode pemanenan individu pohon yang mempunyai luas bidang dasar (Lbds), metode ini biasanya diterapkan pada tegakan yang memiliki ukuran individu seragam. Nilai total biomassa diperoleh dengan menggandakan nilai berat rata-rata dari pohon contoh yang ditebang dengan jumlah individu pohon dalam suatu unit area dengan jumlah luas bidang dasar dari semua pohon.

2. Metode pendugaan tidak langsung (*non-destruktif*)

a) Metode hubungan alometrik, metode ini didasari pada persamaan alometrik dengan mencari korelasi paling baik antara dimensi pohon (diameter dan tinggi) dengan biomasanya. Sebelum pembuatan persamaan, pohon-pohon yang mewakili sebaran kelas diameter ditebang dan ditimbang. Nilai total biomassa diperoleh dengan menjumlahkan semua berat individu pohon dalam suatu unit area.

b) Crop meter, metode pendugaan biomassa ini dilakukan dengan cara menggunakan peralatan elektroda listrik.

Brown (1997) mengemukakan ada dua pendekatan yang digunakan untuk menduga biomassa dari pohon, yakni pertama berdasarkan pendugaan volume kulit sampai batang bebas cabang yang kemudian diubah menjadi kerapatan biomassa (ton/ha), sedangkan pendekatan kedua secara langsung dengan menggunakan persamaan regresi biomassa.

Pendugaan biomassa pada pendekatan pertama menggunakan persamaan :

$$\text{Biomassa di atas tanah (ton/ha)} = \text{VOB} \times \text{WD} \times \text{BEF} \text{ (Brown } et al. \text{ 1989)}$$

dimana :

VOB = Volume batang bebas cabang dengan kulit (m^3/ha)

WD = Kerapatan kayu (biomassa kering oven (ton) dibagi volume biomassa inventarisasi (m^3))

BEF = Perbandingan total biomassa pohon kering oven di atas tanah dengan biomassa kering oven hasil inventarisasi hutan.

Pendugaan biomassa dengan pendekatan kedua menggunakan persamaan: biomassa di atas tanah $Y = aD^b$

dimana:

Y = biomassa pohon (kg)

D = diameter setinggi dada (130 cm), a dan b merupakan konstanta.

Ketterings *et al.*(2001) mengemukakan model pengukuran biomassa hutan campuran sekunder seperti yang dilakukan di hutan Sepunggur Jambi, dengan memasukkan peubah berat jenis ke dalam persamaan : $B = 0,11 \times p \times D^{2,62}$

dimana:

D = diameter setinggi dada (130 cm)

p = massa jenis pohon (kg/m^3)

B = biomassa (kg/pohon)

Beberapa ahli mengembangkan pendugaan biomassa hubungan alometrik dengan membangun hubungan diameter (dbh) pohon dengan tinggi pohon.

(MacDicken *et al.* 1997; Ketterings *et al.* 1999; Hairiah *et al.* 2001). Menurut Brown (1997) analisis dimensional (dbh dan tinggi) suatu pohon telah terbukti dan mampu menjelaskan lebih dari 95% variasi biomassa pohon.

Model alometrik yang dikembangkan dalam pendugaan volume dan biomassa pohon cempaka di dasari dari model hubungan regresi dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengukuran peubah volume, diameter dan tinggi pohon
2. Plot antar peubah untuk memeriksa model hubungan
3. Membangun model
4. Pendugaan parameter koefisien regresi
5. Pengujian asumsi-asumsi keterandalan model
6. Pemilihan model terbaik
7. Validitas model
8. Simulasi model

(Draper, and Smith. 1991).

BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan model penduga biomassa pohon berdasarkan bagian-bagian pohon (akar, batang, cabang, ranting, daun, buah dan kulit).
2. Mendapatkan model penduga terbaik, untuk menduga potensi biomassa dan karbon berdasarkan bagian-bagian pohon.
3. Memprediksi potensi biomasa dan serapan karbon pohon pada bagian-bagian pohon menurut sebaran kelas diameter dan umur.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberi manfaat dari dua sisi: 1) sisi ilmu pengetahuan yaitu memberi sumbangan terhadap pengembangan teori, model dan metode pendugaan biomassa; 2) sisi implementasi dalam pembangunan yaitu memberi informasi tentang kandungan biomassa dan karbon dalam hutan rakyat, guna kegiatan pengelolaan hutan rakyat lebih lanjut.

Tujuan Khusus

Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghasilkan Inovasi pengetahuan berupa Model Penduga Volume dan Biomassa Pohon untuk mengukur volume dan biomassa pohon secara akurat bagi petani dan nilai ekonomis dan ekologis dapat di prediksi.
2. Menghasilkan basis pengetahuan dimana dengan model penduga tersedia, maka dapat dikembangkan untuk menghitung waktu pemanenan yang ideal melalui kurva permintaan dan penawaran, serta pemanenan yang berkelanjutan.
3. Menghasilkan tabel volume pohon cempaka wasian yang dapat digunakan sebagai rekomendasi pada pemerintah daerah dan masyarakat untuk mengambil kebijakan strategis dalam usaha pelestarian pohon cempaka di Sulawesi Utara.
4. Menghasilkan model baru dalam pengukuran volume pohon dan biomassa pohon cempaka wasian.

BAB 4. METODE PENELITIAN

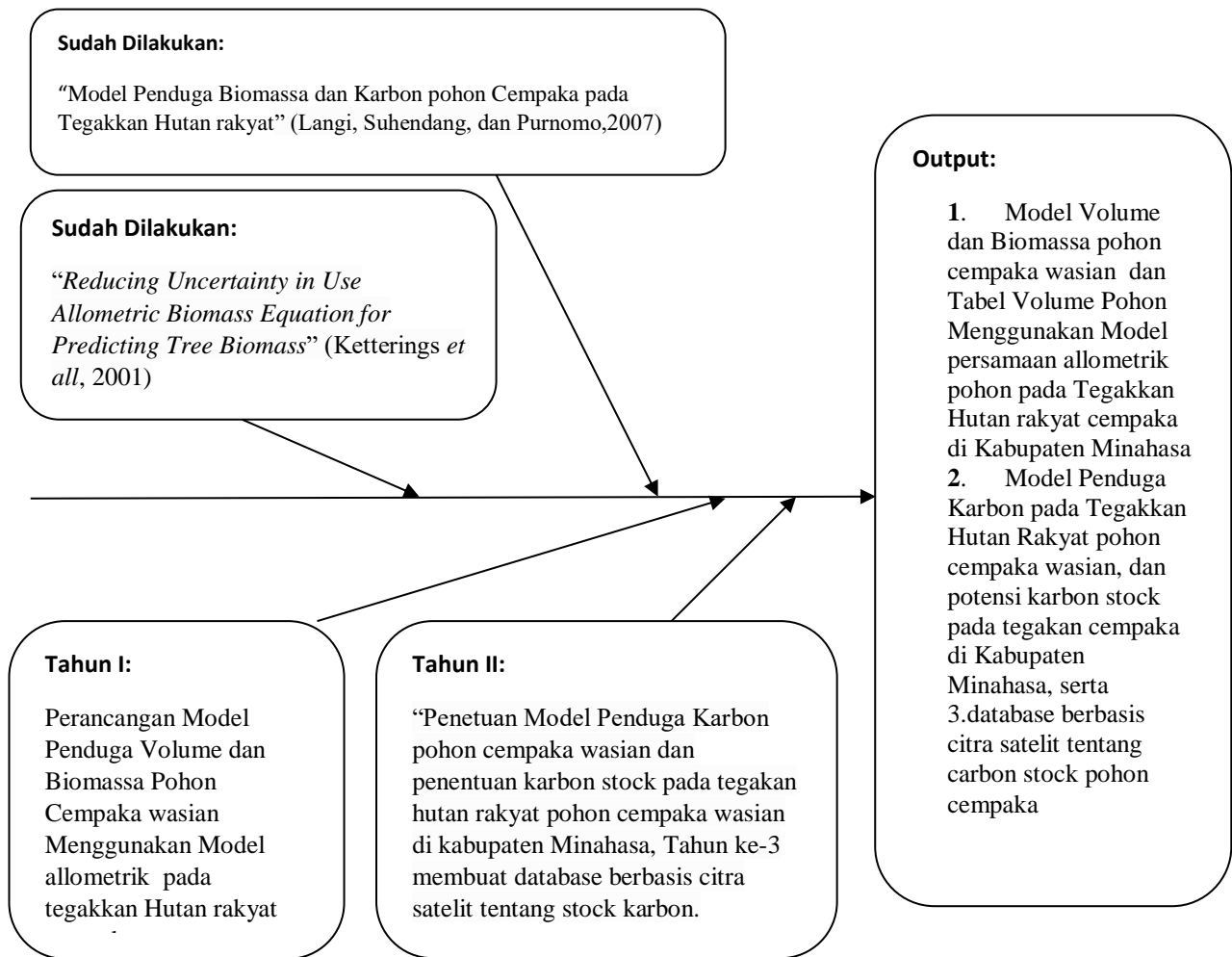
4.1. Road Map Penelitian

Dari penelitian pendahuluan telah dikemukakan metodologi untuk mengukur volume dan biomassa pohon cempaka wasian berdasarkan persamaan alometrik, khusus pada pohon cempaka wasian dengan diameter (dbh) 5 – 50 cm. Namun model yang telah tersedia akan di validasi kembali, sedangkan pada dbh > 50 cm akan dilakukan destruktif sampling dan pengujian biomassa pohon.

Dalam tahun pertama penelitian ini, metode yang akan digunakan sama dengan metode yang telah dilakukan pada penelitian pendahuluan sebelumnya (Langi, 2007), tetapi data penelitian adalah data primer berupa pengukuran dilapangan terhadap peubah tinggi, diameter dan volume pohon pada lokasi penelitian petak contoh. Namun pada diameter > 50 cm terlebih dahulu akan dilakukan validasi model sebelumnya. Langkah berikutnya adalah menghitung volume dan biomassa pohon cempaka, kemudian melakukan validasi terhadap model dari hasil pengambilan data terbaru.

Dalam tahun kedua, penelitian akan dilanjutkan untuk mengukur kandungan karbon terikat pohon cempaka wasian dan membangun model penduga karbon serta model hubungan biomassa dan karbon. Tahapan terakhir melakukan scenario perdagangan karbon untuk melihat berapa potensi karbon terikat pada tegakan hutan rakyat cempaka. Hasil Penelitian tahun kedua adalah penyajian informasi potensi karbon pada tegakan hutan rakyat cempaka wasian.

Road Map penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 5. Road Map Penelitian

4.2. Bahan dan Sumber Data

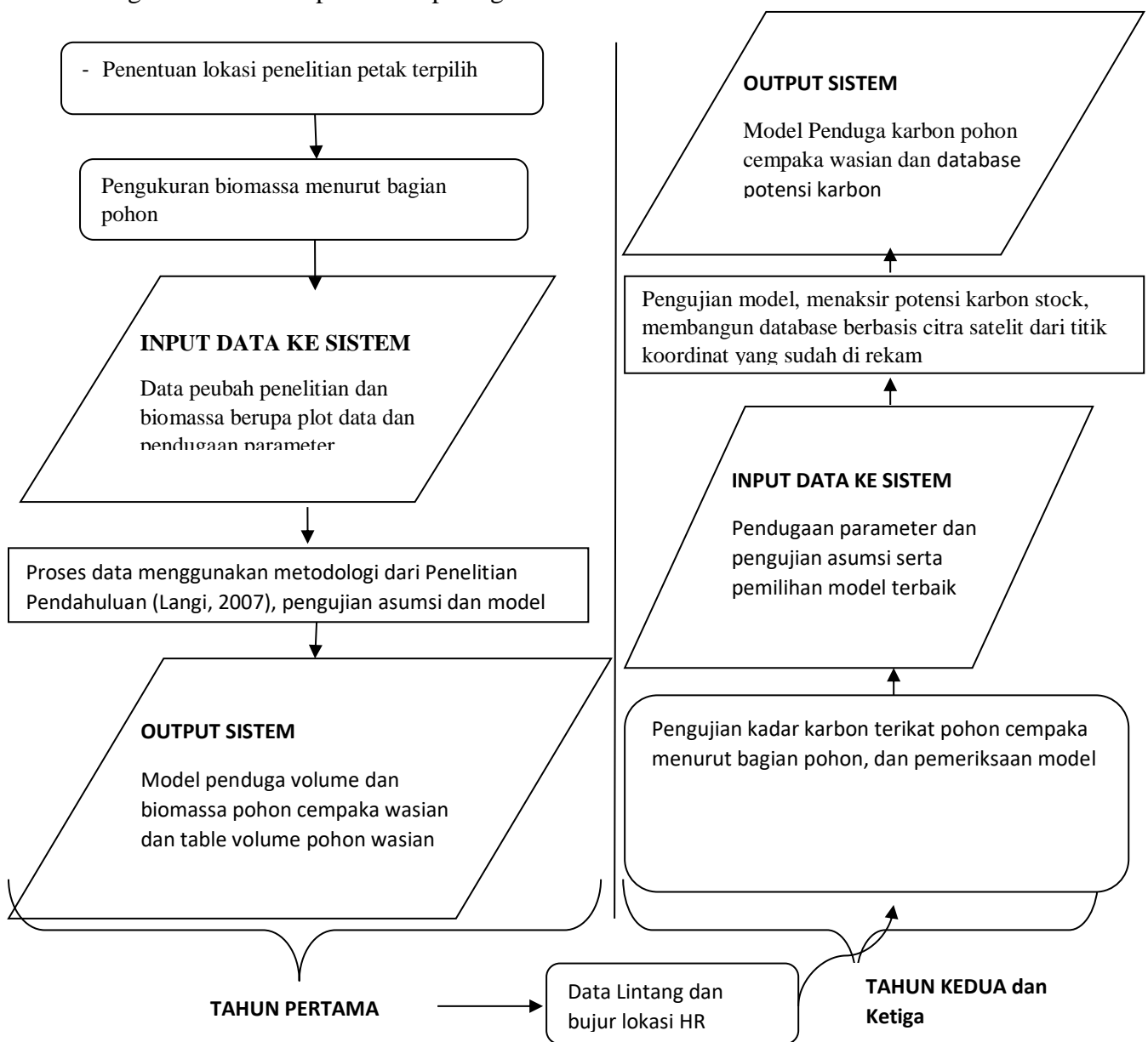
Data yang digunakan adalah data primer yaitu peubah volume, diameter dan tinggi pohon, serta data hasil pengujian laboratorium berat kering (biomassa) dari tiap-tiap bagian pohon yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi penelitian. Adapun kegiatan dilapangan meliputi pengukuran peubah volume, diameter dan tinggi juga melakukan pengukuran berat basah menurut bagian-bagian pohon batang, cabang, ranting, daun dan buah. Bahan peralatan yang digunakan adalah komputer notebook dengan spesifikasi prosesor minimal Core i3, sistem operasi Windows 10 Professional, Program SAS, haka altimeter, pita meter, tali dan timbangan.

Dengan menggunakan teknik penarikan contoh Stratifikasi terpilih sebanyak 35 pohon cempaka dari berbagai ukuran sebagai pohon contoh untuk menyusun persamaan alometrik penduga biomassa pohon cempaka pada kedua lokasi. Jumlah pohon tersebut cukup memadai untuk syarat penyusunan sebuah persamaan biomassa jenis pohon tertentu,

sebagaimana disarankan MacDikken (1997). Ketterings *et al.*(2001) menggunakan 29 pohon contoh dari berbagai jenis hutan tropis sekunder untuk menyusun persamaan alometrik yang bisa berlaku lebih umum, menggunakan variabel berat jenis. Hilmi (2003) menggunakan 40 pohon contoh untuk membangun model prnduga pohon di hutan mangrove untuk 3 jenis pohon , dan Rusolon (2006) menggunakan 30 pohon contoh jenis *senon* untuk tegakan agroforestri. Jumlah contoh yang relatif besar > 100 pohon dilakukan oleh Brown (1997) yang diperlukan untuk menyusun alometrik biomassa pohon yang berlaku secara umum untuk jenis – jenis hutan tropis.

4.3. Bagan Penelitian

Bagan Penelitian dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Bagan Penelitian

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Keragaman Potensi Biomassa Tegakan Hutan Rakyat

Biomassa tegakan diukur untuk menentukan berapa tingkat produktifitas hutan dari jenis cempaka (*Elmerillia Sp*). Potensi biomassa ini diperkirakan berdasarkan jumlah bahan organik, batang, cabang, ranting, akar, kulit, daun dan buah per hektar dari setiap pohon jenis dominan yang menyusun tegakan hutan rakyat tersebut.

Besarnya biomassa pada tegakan hutan rakyat akan dipengaruhi oleh kerapatan pohon, rata-rata tinggi dan diameter dari jenis-jenis yang dominan, serta faktor lingkungan tempat tumbuh yang berkorelasi positif dengan potensi biomassa tegakan dari jenis dominan tersebut.

Potensi Kandungan Biomassa Tegakan Jenis *Elmerillia Sp*.

Besarnya potensi biomassa sangat ditentukan dari praktek hutan rakyat melalui besarnya diameter, tinggi dan umur pohon yang terdapat dalam tegakan penyusun hutan rakyat tersebut. Biomassa bisa bersumber dari pohon-pohon penyusun tegakan, tanaman atau tumbuhan dibawah tegakan, tumbuhan bawah, tunggak, serasah kasar dan bahan organik tanah. Dalam penelitian ini biomassa yang diperhitungkan meliputi biomassa yang berada di atas permukaan tanah, khususnya tegakan pohon cempaka.

Deskripsi Statistik dari Pohon Contoh Terpilih. Pada tabel 1 dan 2 memperlihatkan sebaran dimensi pohon dan biomassa dari 35 pohon contoh terpilih jenis cempaka. Tabel 1 adalah deskripsi pohon cempaka yang berasal dari lokasi 1 pengambilan contoh 20 pohon dari tegakan pohon cempaka, dan tabel 2 dari lokasi 2 pengambilan contoh 15 pohon cempaka, yang merupakan lokasi tegakan pohon cempaka campuran dengan tegakan lainnya. Secara umum praktek hutan rakyat yang dilakukan oleh masyarakat terdiri atas dua bentuk, yaitu pertama hutan rakyat dengan tegakan di dominasi tegakan pohon cempaka/wasian, dan kedua hutan rakyat yang pengelolaannya meliputi tegakan pohon cempaka dengan tegakan atau tanaman pertanian lainnya.

Table 1 Descriptive statistics of 20 sampled trees used developing regression allometric biomass model at agroforestry tree cempaka (*Elmerrilia* Sp) (Located dominant tree cempaka)

Tree Dimensi	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 ²)	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 ²)	328.99-1607.34	1146.50	64,8	7.42
Biomass stem (kg)	76,2-1565,1	446,7	233,7	50,3
Biomass branch (kg)	32,5-309,1	66,5	46,6	26,6
Biomass twigs (kg)	0,98-89,02	22,50	25,85	6,67
Biomass leave (kg)	2,59-49,34	20,46	14,32	3,70
Biomassa buah (kg)	0,00-10,75	1,53	1,90	1,01
Biomass bark (kg)	10,86-83,20	29,04	21,96	6,19
Biomass root (kg)	12,6-65,3	34,1	13,0	5,7
Biomass total (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) (Located mix tree cempaka)

Tree Dimensi	Range	Mean	Se	MSe
Diameter dbh (cm)	17,50-40,00	25,00	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 ²)	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 ²)	239-1599.4	715.2	71.60	11.55
Biomass stem (kg)	56,3-1330,7	380,5	155,8	81,9
Biomass branch (kg)	31,9-366,9	77,9	69,3	15,6
Biomass twigs (kg)	20,9-273,0	69,6	48,5	15,7
Biomass leave (kg)	11,89-75,69	33,54	18,03	9,43
Biomassa buah (kg)	0,00-15,42	5,83	2,90	1,52
Biomass bark (kg)	8.50-198,0	42,9	20,5	13,0
Biomass root (kg)	1,3-30,0	26,8	19,1	2,4
Biomass total (kg)	114,0-2691,0	514,2	674,0	174

Tabel 1 memperlihatkan kisaran diameter 20 contoh pohon terpilih 20,5 – 45,25 cm, sedangkan tabel 2, menunjukkan kisaran diameter 17,50 – 40,00 cm. Kelas diameter pohon contoh terbanyak berada dalam kelas diameter 25 – 35 cm dengan umur dominan diantara 15 – 20 tahun, yang merupakan ukuran pohon terbanyak dilokasi hutan rakyat. Dominannya umur dan kelas diameter kedua jenis pohon tersebut, disebabkan tegakkan penyusun dikedua lokasi relatif memiliki periode tanam yang sama.

Bagian batang pohon merupakan komponen terbesar penyusun biomassa pohon, pada lokasi pertama untuk jenis cempaka murni (71,5%) adalah biomassa batang, diikuti dengan bagian cabang (13,5%), akar (1,5%), kulit (5,8%), ranting (5,9%), daun (5,1%) dan buah (0,5%), untuk jenis cempaka pada lokasi campuran, bagian batang (69,8%), cabang (14,0%), akar (11,9%), kulit (6,4%), ranting (7,7%), daun (4,6%), dan buah (0,6%). Sedangkan Rusolono (2006) melaporkan bahwa rata-rata komponen biomassa terbesar pohon sengon dari bagian batang (76%), cabang (14%), ranting (7,2%), dan daun (6,6%). Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap beberapa jenis pohon, secara konsisten menunjukkan bahwa lebih dari 75% biomassa pohon bagian atas berasal dari bagian batang, sedangkan yang terendah adalah pada bunga dan buah. Besarnya biomassa pada batang berkaitan erat dengan hasil produksi pohon yang didapat melalui proses fotosintesis yang umumnya disimpan pada batang.

Karakteristik lainnya yang diamati dalam penelitian ini adalah sifat fisik berat jenis dan kadar air. Kadar air merupakan berat air yang dinyatakan dalam persen air terhadap berat kayu atau berat kering tanur (BKT). Variasi kadar air ini ditentukan oleh kemampuan kayu dan masa kayu untuk menyimpan air. Berat jenis kayu adalah salah satu sifat fisika kayu yang paling penting. Berat jenis adalah perbandingan berat jenis bahan dengan berat jenis air. Terjadinya variasi sifat fisik pohon, baik berat jenis, dan kadar air ini disebabkan adanya perbedaan jenis, umur, kelas diameter, bagian tanaman dan tahapan pertumbuhan.

Komponen jaringan umumnya memiliki potensi berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pohon lainnya, sebaliknya kadar air pada bagian batang adalah yang paling kecil bila dibandingkan dengan bagian pohon lainnya. Jenis *Elmerrilia Sp* memiliki berat jenis dan kadar air bagian batang (0,69), cabang (33,3%), cabang BJ (0,641) KA (37,01%), ranting BJ (0,611) dan KA (38,2%), daun BJ (0,492) dan KA (41,8%), buah BJ (0,481) dan KA (40,1%). Untuk jenis pada lokasi kedua BJ batang terbesar yaitu (0,432), BJ daun (0,381) sedangkan KA terbesar pada daun (68,4%) dan paling rendah adalah bagian batang (58,5%).

5.2. Model Penduga Biomassa Tegakan Jenis *Elmerillia sp.*

Model penduga biomassa yang digunakan dalam pembentukan model ini didasari pada model persamaan alometrik, yang dikembangkan dari model persamaan regresi $Y = f(\zeta, \theta) + \varepsilon$, Draper & Smith (1991). Model penduga yang di dapat dari penelitian adalah model intrinsic linier (*intrinsically linear*) yang berbentuk geometric yang dapat dilinierkan melalui tranformasi logaritmik.

Bentuk umum model geometric : $\hat{Y} = aX^\beta$

Tabel 3 Estimate Biomass Model Selected Cempaka (Elmerillia Sp)

Parts	Equation	R ²	s	PRESS	F	MSPE	CV
Cempaka Located 1							
Stem	Y=0,0951D ^{3,59}	98,7	0,0603	0,07937	852,76	0,123	0,0022
Branch	Y=0,0240D ^{2,29}	96,4	0,0753	0,13892	533,47	0,668	0,0554
Twigs	Y=0,0096D ^{2,57}	91,5	0,2055	0,17731	386,56	0,761	0,0366
Leaf	Y=0,137D ^{1,53}	87,4	0,2245	0,39181	107,66	2,041	1,0568
Fruit	Y=0,0013D ^{1,49}	64,2	0,0747	0,06671	6,71**	2,122	3,2001
Skin	Y=0,0081D ^{1,51}	85,5	0,1287	0,33705	208,1	0,881	0,5241
Root	Y=0,0302D ^{2,28}	85,4	0,1133	0,42412	237,1	0,661	0,4210
Total	Y=0,1991D ^{2,40}	97,3	0,0559	0,03117	1630,75	0,223	0,0326
Cempaka Lokated 2							
Stem	Y=0,026D ^{1,79}	98,8	0,0259	0,01213	7256,86	0,028	0,0032
Branch	Y=0,009D ^{2,59}	97,1	0,0735	0,12234	650,15	0,213	0,2211
Twigs	Y=0,0022D ^{2,79}	96,1	0,0801	0,15154	676,51	0,669	0,3155
Leaf	Y=0,063D ^{1,73}	90,6	0,2277	0,21325	106,31	1,669	1,0972
Fruit	Y=0,711D ^{1,624}	71,2	0,1280	0,02114	6,56**	4,76	6,19
Skin	Y=0,0021D ^{2,68}	88,3	0,1869	0,23204	675,02	0,109	0,0214
Root	Y=0,1D ^{1,67}	86,9	0,1234	0,25663	462,75	2,710	1,2434
Total	Y=0,0646D ^{3,71}	98,7	0,0433	0,01862	9815,74	0,015	0,0053

Model persamaan allometri dibangun dari asumsi adanya hubungan fungsional dan signifikan antara biomassa pohon atau bagian jaringan pohon dengan dimensi pohon. Hubungan ini diperiksa dengan menggunakan model-model persamaan yang dicobakan. Dimensi pohon yang digunakan mencakup alometrik yang menggunakan satu peubah dimensi, dan dua peubah dimensi.

Model persamaan yang diperoleh :

$$1. \text{Log } \hat{Y} = \text{log } \alpha + \beta \text{log } D_i + \varepsilon_i \dots \dots \dots (1)$$

$$2. \text{Log } \hat{Y} = \text{log } \alpha + \beta \text{log } D_i + \gamma \text{log } H_i + \varepsilon_i \dots \dots \dots (2)$$

$$3. \hat{Y} = \alpha + \beta D + \gamma D^2 \varepsilon_i \dots \dots \dots (3)$$

dimana : Y = taksiran biomassa (ton/hektar); α, β, γ = parameter regresi; D = diameter pohon (Dbh) (cm); H = tinggi pohon (m); ε_i = galat ke-i.

Persamaan (1) merupakan persamaan yang banyak digunakan oleh peneliti (Zianis & Mennucini 2004; Brown 1997; Milena & Markku 2005; Jenkis *et al* 2003; Rusolono 2006), dan memenuhi persyaratan ketelitian serta kepraktisan, persamaan (2) adalah perluasan dari persamaan (1) dengan menambahkan peubah tinggi pohon. Persamaan (3) adalah persamaan polinom ordo 2 sebagaimana diusulkan Brown (1997) untuk alometrik biomassa pohon di hutan tropis.

Tabel 3 menyajikan model persamaan alometrik terpilih, dan deskripsi pengujian kriteria statistik untuk dasar pemilihan persamaan regresi yang terbaik. Model persamaan regresi terbaik secara statistik ditunjukkan oleh koefisien determinasi R^2 , kesalahan baku nilai dugaan (s), *statistik PRESS* dan *statistik F* serta kriteria seleksi pemilihan model validasi CV_d dan $MSPE$. Model terbaik harus memenuhi kriteria yaitu, memiliki nilai R^2 dan *statistik F* paling tinggi dan nilai s , *PRESS statistic*, CV_d dan $MSPE$ paling rendah.

Tingginya nilai korelasi (r) persamaan (1) yang diperoleh diantara biomassa total pohon dan batang pohon dengan Dbh, baik jenis wasian maupun jenis cempaka. Koefisien korelasi (r) diantara logaritma dari Dbh ($\log D$) dan logaritma dari biomassa total ($\log Y$) adalah 98,3 ($P < 0,05$) untuk lokasi 1, 98,7 ($P < 0,05$) untuk lokasi 2, dan diantara logaritma dari Dbh dan logaritma dari biomassa batang ($\log Biobtg$) adalah 98,7 ($P < 0,05$) pada lokasi 1, dan 98,8 ($P < 0,05$) untuk lokasi 2. Tabel 3 memperlihatkan bahwa berdasarkan parameter pemilihan model regresi terbaik untuk pendugaan biomassa total pohon dan biomassa bersamaan dengan satu peubah bebas yaitu diameter pohon (Dbh) secara statistik sangat signifikan. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 97,3% dan 98,7% ($P < 0,05$) pada lokasi 1, sedangkan untuk lokasi 2 nilai koefisien determinasi (R^2) 98,7% dan 99,8% ($P < 0,05$). Begitu juga indikator statistik lainnya seperti *simpangan baku (s)*, *Statistik PRESS*, $MSPE$ dan CV_d sangat kecil, serta nilai (R^2) dan *statistik F* paling tinggi.

Berdasarkan kriteria pemilihan model, untuk pendugaan biomassa pohon jenis wasian dan cempaka menghasilkan persamaan dengan satu peubah bebas diameter pohon (Dbh), menjadi persamaan alometrik yang terbaik dari model-model lain yang dicobakan. Kriteria statistik pemilihan model dan validasi model persamaan satu peubah bebas diameter pohon (Dbh), secara konsisten merupakan model penduga terbaik bukan hanya untuk pendugaan biomassa total dan bagian batang pohon, tetapi juga untuk pendugaan biomassa bagian jaringan pohon lainnya seperti (cabang, ranting daun, buah kulit, dan akar) untuk pohon cempaka dan wasian. Asumsi lain yang dipenuhi dari model persamaan terpilih adalah memenuhi syarat asumsi kenormalan sisaan, ragam sisaan yang konstan dan terdistribusi normal.

Persamaan pendugaan biomassa pohon yang menggunakan satu peubah diameter pohon sudah cukup terandalkan untuk menduga biomassa pohon. Persamaan 1 dengan hanya satu peubah penduga diameter pohon memberikan ketelitian yang tinggi dibandingkan persamaan 2 yang menyertakan dua peubah penduga (diameter dan tinggi pohon).

Penambahan peubah tinggi pohon secara statistik hanya memberikan sumbangan keragaman yang kecil dan cenderung tidak nyata ($P > 0,05$) untuk peningkatan ketelitian penduga biomassa pohon, yang dicerminkan oleh nilai R^2 yang cenderung tetap atau hanya sedikit meningkat, bahkan cenderung turun. Pada persamaan 3 model polinom orde 2 dengan kombinasi D dan D^2 sebagai peubah bebas, walaupun secara statistik cukup baik dengan nilai R^2 yang sangat tinggi, tetapi nilai s , $PRESS$, $MSPE$ dan CV sangat besar, sedangkan statistik $F(P > 0,05)$ cenderung tidak berbeda nyata atau tidak signifikan dan model persamaan (3) tidak konsisten sebagai penduga biomassa untuk bagian jaringan pohon lainnya. Deskripsi pemilihan model persamaan alometrik (persamaan 1, 2, dan 3).

Bagaimana pun untuk keperluan kepraktisan dalam penelitian, pembentukan dan penerapan model di lapangan, serta syarat statistik yang dipenuhi maka persamaan model 1 untuk selanjutnya akan digunakan untuk menduga biomassa pohon cempakan dan wasian yang terdapat di kedua lokasi penelitian.

Persamaan Keterrings *et al.* (2001) yang menyertakan peubah berat jenis digunakan untuk menduga biomassa total pohon jenis lain (bukan jenis dominan) yang terdapat di lokasi kedua, dimana jenis pohon tersebut belum memiliki persamaan alometrik. Dua model dari literatur yang dikembangkan oleh Brown *et al.* (1989) (persamaan 4), dan Brown & Iverson (1992) (persamaan 5), cenderung besarnya biomassa yang diperoleh dari persamaan (4 dan 5) *underestimated*, terutama pada pohon ukuran besar. Model persamaan terpilih tabel 3 akan dibandingkan dengan dua model dari literatur (model Brown *et al.* 1989 dan Brown & Iverson 1992).

Tabel 4 Pendugaan Biomassa di atas Permukaan Tanah dari Tiap Blok di Hutan Rakyat

Blok	Jenis	Kerapatan (phn/ha)	Biomassa tegakan (kg/ha)							
			Lokasi I							
			Batang	Cabang	Ranting	Daun	Buah	Kulit	Akar	Total
1	Cempaka	437	98618,6	33874,3	11854,7	19155,9	108,7	3638,6	10186,8	142486,5
		Rataan	198,9	67,3	29,9	36,3	0,50	6,3	36,4	341,6
	Cempaka L	335	69669,7	26610,2	7980,3	19431,1	120,7	2620,7	10106,9	109528,7
		Rataan	192,4	53,5	22,2	36,8	0,35	5,2	42,22	353,3
2	Cempaka	492	76024,5	26064,6	12648,9	17114,2	191,3	3011,7	16372,7	151427,9
		Rataan	157,7	54,0	26,2	35,5	0,39	6,2	33,9	314,6
	Cempaka L	296	56667,7	13605,5	6740,4	10242,2	105,3	1587,9	14407,7	103356,7
		Rataan	185,7	44,6	22,1	33,5	0,34	5,2	47,2	338,8
Lokasi II										
1	Cempaka L	184	23266,2	9266,4	3221,3	2024,4	97,3	1533,9	2812,7	42222,2
		Rataan	219,4	56,5	19,6	12,3	0,59	9,4	17,2	257,5
	Cempaka	108	13862,4	4686,8	2211,5	1620,7	71,7	938,8	1245,5	24637,4
		Rataan	141,4	47,8	22,5	16,6	0,73	9,6	12,71	251,4
Jenis lain	28	9921,4	3206,1	1422,7	786,7	56,4	202,7	1086,9	16682,9	
	Rataan	361,1	94,3	41,4	29,7	3,4	7,3	38,6	439,1	
2	Cempaka L	154	17283,6	7964,7	1521,1	1105,3	72,9	1198,7	2396,6	27531,9
		Rataan	203,2	66,1	10,8	9,1	1,5	11,1	26,1	222,0
	Cempaka	110	12062,3	4065,6	998,8	894,4	56,7	579,9	1098,8	19756,5
		Rataan	150,7	50,8	12,4	11,1	0,71	7,2	13,7	245,9
	Jenis lain	11	6921,2	1745,5	1011,3	348,8	31,4	106,4	519,5	12160,1
		Rataan	164,0	51,5	25,5	15,9	1,7	3,8	27,98	405,3

Pendugaan Kandungan Biomassa di Hutan Rakyat

Pendugaan Biomassa Jenis (*Elmerillia sp.*). Model persamaan alometrik terpilih (Tabel 3), untuk menduga potensi biomassa per unit area (hektar), dapat dihitung dengan memasukan nilai diameter setinggi dada (Dbh) dari tiap petak ukur ke dalam persamaan alometrik terpilih (Tabel 3), sehingga dapat diduga potensi biomassa di atas tanah tegakan penyusun hutan rakyat untuk pohon berdiameter = 10 cm.

Besarnya biomassa pada masing-masing petak ukur maupun antar lokasi hutan rakyat akan dipengaruhi oleh jenis pohon, kerapatan pohon, rata-rata tinggi dan diameter dari jenis-jenis yang dominan penyusun tegakan hutan rakyat. Hasil pendugaan biomassa diatas tanah dari tegakan penyusun hutan rakyat dikedua lokasi disajikan dalam tabel 4 dan Gambar 3.

Pada lokasi Masarang yang mewakili hutan rakyat murni berat biomassa total pohon jenis cempaka (*E. ovalis*) hasil pendugaan adalah yang paling besar dengan kerapatan pohon 427 pohon/ha (blok 1), dan 482 pohon/ha (blok 2) dengan nilai dugaan biomassa 142.486,5 kg/ha atau rata-rata biomassa per pohon 341,6 kg dan 151.427,9 kg/ha atau rata-rata biomassa per pohon 314,6 kg. untuk jenis wasian (*E. celebica*) kerapatan 310 pohon/ha (blok 1) dan 305 pohon/ha (blok 2) dengan nilai dugaan biomassa 338,8 kg. Untuk lokasi Tareran jenis dominan yang ditanam adalah jenis wasian (*E. celebica*) dengan kerapatan pohon/ha pada masing-masing blok adalah 164 dan 124 pohon/ha, jenis cempaka (*E. ovalis*) 98 dan 80 pohon/ha dan jenis lain 38 dan 30 pohon/ha. Walaupun jumlah pohon untuk jenis pohon berkayu dilokasi Tareran ≤ 164 pohon namun di dominasi pohon-pohon berdiameter besar $25 \leq \text{Dbh} \leq 75$ cm dengan variasi umur 7-30 tahun, sehingga nilai dugaan total biomassa pohon untuk semua jenis pohon adalah 124.991,1 kg/ha, sedangkan di lokasi Masarang potensi biomassa total pohon untuk kedua jenis di duga 504.799,8 kg/ha.

Model penduga biomassa lebih efektif bila digunakan pada pohon dengan kelas diameter 5-40 cm untuk *E. celebica*, dan 5-50cm untuk (*E. ovalis*). Hasil pendugaan menunjukkan bahwa simpangan antara nilai aktual dengan dugaan dari plot data aktual-dugaan memberikan hasil yang tidak berbeda nyata ($P < 0,05$).

Pendugaan Biomassa Pohon Jenis Lain. Pendugaan biomassa untuk jenis pohon lain dilakukan dengan menggunakan persamaan Ketterings sebagaimana yang dikemukakan dalam Metode Penelitian. Penggunaan persamaan ditentukan berdasarkan jenis pohon yang terdapat di lokasi hutan rakyat. Untuk menduga jenis pohon cengkeh dan nantu

menggunakan persamaan alometrik pohon jenis Nantu (*Palakuium sp*) dan cengkeh (*Eugenia aromatikum*) sebagaimana yang disajikan pada table 3 dalam metode penelitian.

Penduga potensi biomassa di hutan rakyat dalam penelitian ini hanya dilakukan untuk pohon-pohon jenis tertentu yang di tanam oleh petani di lahan hutan rakyat, sebagaimana yang di batasi dalam Kerangka Pemikiran. Jenis pohon lain dalam kategori (Pohon berkayu dbh = 5cm dan tinggi = 2) hanya dijumpai di lokasi Tareran. Hal ini disebabkan karena minimnya lahan kepemilikan sehingga petani melakukan diversifikasi tanaman termasuk jenis pohon berkayu dengan kombinasi berbagai tipe daur.

Table 14 melihat kerapatan pohon untuk pohon jenis lain di hutan rakyat campuran pada (blok 1) 38 pohon/ha dengan nilai dugaan biomassa 12.160,2 kg/ha dengan nilai dugaan biomassa 16.682,9 kg/ha, dan pada (blok 2) nilai dugaan potensi biomasa 12.160,2 kg/ha. Rendahnya potensi biomassa disebabkan jumlah pohonnya sedikit dan variasi diameter (15-30cm), dengan umur (5-15 tahun). Total biomassa jenis pohon lain di duga sebesar 28.843,1 kg/ha atau sekitar 20,2% dari total dugaan biomassa jenis *Elmerrillia sp*. Jenis pohon tersebut bukanlah jenis dominan atau tanaman pokok yang banyak di kembangkan oleh masyarakat di lahan milik dan tidak bertumbuh baik di lokasi hutan rakyat campuran, sehingga jenis tersebut hanya sebagai jenis tanaman selingan.

Pendugaan Biomassa Tumbuhan Bawah. Tabel 5 memperlihatkan potensi biomassa yang bersumber dari tumbuhan bawah dan kayu mati (nekromassa) relative sangat kecil bila dibandingkan dengan biomassa dari sumber lainnya. Potensi rata-rata biomassa tumbuhan bawah hanya sekitar 1,3% dan 11,1% dari total biomassa untuk tegakan hutan rakyat murni dan kebun campur. Selain jumlahnya kecil keberadaan tumbuhan bawah di lahan milik sangat dinamis. Hal ini disebabkan pengelolaan yang dilakukan oleh petani pada beberapa jenis lahan cukup intensif sehingga keberadaan tumbuhan bawah sangat dinamis.

Pendugaan biomassa serasa kasar. Serasah kasar berasal dari guguran daun pohon, daun kering dan potongan kayu kecil dari hasil pemangkasan pohon utama, atau dapat berupa bahan organik kasar sisa-sisa pembersihan lahan. Tabel 15 menunjukkan potensi biomassa yang bersumber dari serasa kasar di duga sekitar 15.760,7 kg/ha pada tegakan hutan raya murni dan 2467,5 kg/ha pada tegakan kebun campur, Tabel 15 dan Gambar 9 menunjukkan proporsi biomassa serasa di kedua lokasi. Terdapat kecenderungan peningkatan akumulasi serasah di hutan rakyat murni seiring dengan semakin bertambahnya umur tegakan. Faktor lainnya adalah kerapatan pohon di Masarang yang sangat dominan. Bila dibandingka dengan keberadaan serasah kasar di Tareran lebih bersifat dinamis ini

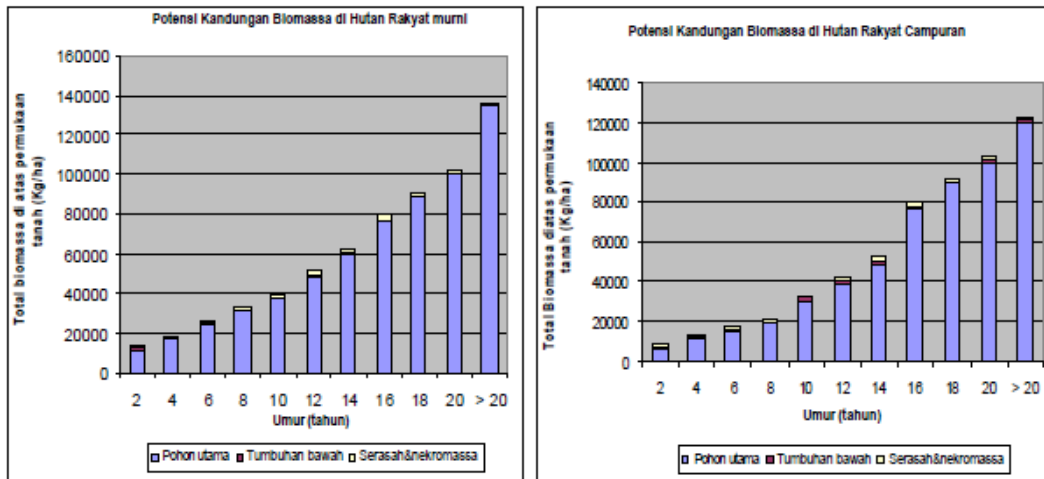
disebabkan pada areal ini intensitas pengambilan kayu bakar dan perawatan lebih banyak, walaupun tegakan dominan penyusun hutan rakyat di Tareran jenis *Elmerrillia* sp berdiameter besar.

Pendugaan biomassa total tegakan. Potensi biomassa total tegakan adalah jumlah seluruh potensi biomassa yang berasal dari sumbernya yaitu biomassa pohon hidup, biomassa tumbuhan bawah (semak, herba tanaman semusim), serasah kasar (daun kering dan potongan ranting kayu kering), dan nekromassa (tunggak dan pohon/batang kayu mati) dinamakan biomassa total bagian atas permukaan tanah (above ground biomass). Tabel 15 memperlihatkan bahwa secara umum ketersediaan potensi biomassa total di atas tanah kedua pola hutan rakyat tidak terdapat perbedaan yang nyata. Gambar 9 menunjukkan terjadinya trend peningkatan potensi biomassa menurut umur tegakan di kedua pola pengelolaan hutan rakyat di kedua lokasi tersebut dan perbandingan potensi karbon menurut sumber biomasannya.

Hasil pendugaan menunjukkan bahwa potensi biomassa total di atas permukaan tanah pada tegakan hutan rakyat sebagian besar 87,5% berasal dari biomassa pohon hidup, kemudian biomassa tumbuhan bawah dan nekromassa 11,0% dan biomassa serasah kasar 2,9%. Praktek pengelolaan hutan rakyat di kedua lokasi baik tegakan murni dan kebun campuran memiliki karakteristik sumber biomassa yang sama. Potensi total biomassa di atas tanah pada tegakan hutan rakyat murni dan kebun campuran sebesar 163.508,5 kg/ha atau 163,5 ton/ha dan 527.507,3 kg/ha atau 527,3 ton/ha.

Tabel 5 Potensi Biomassa di atas permukaan tanah menurut sumber biomasannya pada tegakan hutan rakyat.

Sumber Biomassa	Masarang		Tareran	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%
Pohon Utama :				
Wasian	210885,4	41,8	69754,1	48,8
Cempaka	293914,4	58,2	44393,9	31,3
Jenis Lain	0		28843,2	20,2
Total	504799,8	95,7	142991,2	87,5
Tumbuhan bawah	6946,8	1,32	18049,8	11,04
Serasah & nekromassa	15760,7	2,98	2467,5	1,51
Jumlah	527507,3		163508,5	



Gambar 9. Trend perkembangan potensi biomassa total di atas permukaan tanah menurut variasi umur tegakan pada hutan rakyat murni (a) dan kebun campuran (b)

Potensi total biomassa di atas permukaan tanah di kedua lokasi ini cukup besar dibandingkan dengan potensi biomassa total tegakan pada pola agroforestri sebagaimana yang di laporkan oleh Ginoga *et al.* (2002) bahwa pada praktek agroforestri di Ciamis total biomassa tegakan mencapai 41,6 – 58,3 tonC/ha. Dalam kasus yang hamper sama dengan penelitian ini yaitu pada hutan mangrove dengan jenis dominan penyusun tegakan adalah *Rhizophora* spp dan *Bruguiera* spp sebagaimana yang dilaporkan Hilmi (2002) dimana total biomassa mencapai 649.724,3 kg/ha. Begitu juga yang dilaporkan oleh Siregar (1995) pada tegakan jenis pohon ramin di Riau untuk 57 pohon ramin dengan selang diameter 10-75 cm diperoleh total biomassa di atas permukaan tanah sebesar 24.442,2 ton/ha. Dibandingkan dengan praktek agroforestri di pulau Jawa dan Sumatra potensi persediaan biomassa total tegakan di kedua lokasi cukup potensial.

Umumnya potensi biomassa tegakan dari pohon hidup sangat ditentukan oleh jenis pohon penyusun tegaka, kerapatan pohon/ha, sebaran umur dan diameter tegakan. Bentuk hutan rakyat atau agroforestri yang di dominasi tegakan pohon berkayu dalam komposisi jenisnya, cenderung memiliki kandungan biomassa yang cukup besar.

5.3. Luaran Yang Dicapai

Hasil yang telah dicapai dalam 70% pendanaan dalam pelaksanaan penelitian periode bulan Februari – September 2018 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 revisi minor, hal ini dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Karya Ilmiah dan Publikasi Seminar Internasional

No	Kegiatan	Judul Paper	Waktu dan Tempat	Status
1	The 7 th International Conference on global Optimalization and its Application	Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry stand Cempaka (Elmerrilia Sp) in Minahasa District	Tanggal 30 sd 31 Agustus 2018, Denpasar Bali	Accepted published on Conference IOP Proceading
2	Journal of Physics	Optimal Model to Estimate Biomass and Carbon Stock at Agroforestry stand Cempaka (Elmerrilia Sp) in Minahasa District	Tanggal 06 Oktober 2018	Eligible to publish (accepted)
3	The 3 rd 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 20 sd 21 September 2018, Unsrat Manado	Revisi pada IOP Proceading terindex scopus

BAB. 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Dalam pelaksanaan penelitian pada tahun ke-1, 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 pada plot petak ukur dan memprediksi potensi biomassa pada satu areal hutan rakyat, (oktober)
3. Memprediksi potensi biomassa 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 pertama ini adalah terbangunnya model penduga biomassa untuk menghitung potensi biomassa 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.

BAB. 7. KESIMPULAN DAN SARAN

Model penduga biomassa yang dibangun dari persamaan regresi alometrik dengan satu peubah bebas diameter (dbh), merupakan penduga terbaik dan konsisten, dalam menduga potensi biomassa dengan tingkat akurasi tinggi $R^2 = 99,8\%$ dengan model terbaik $Y = 0.0646D^{2.71}$, pada lokasi pertama. Sedangkan pada lokasi petak ukur ke-2 dengan persamaan terbaik adalah $Y = 0,1991D^{2.40}$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 99,1 %.

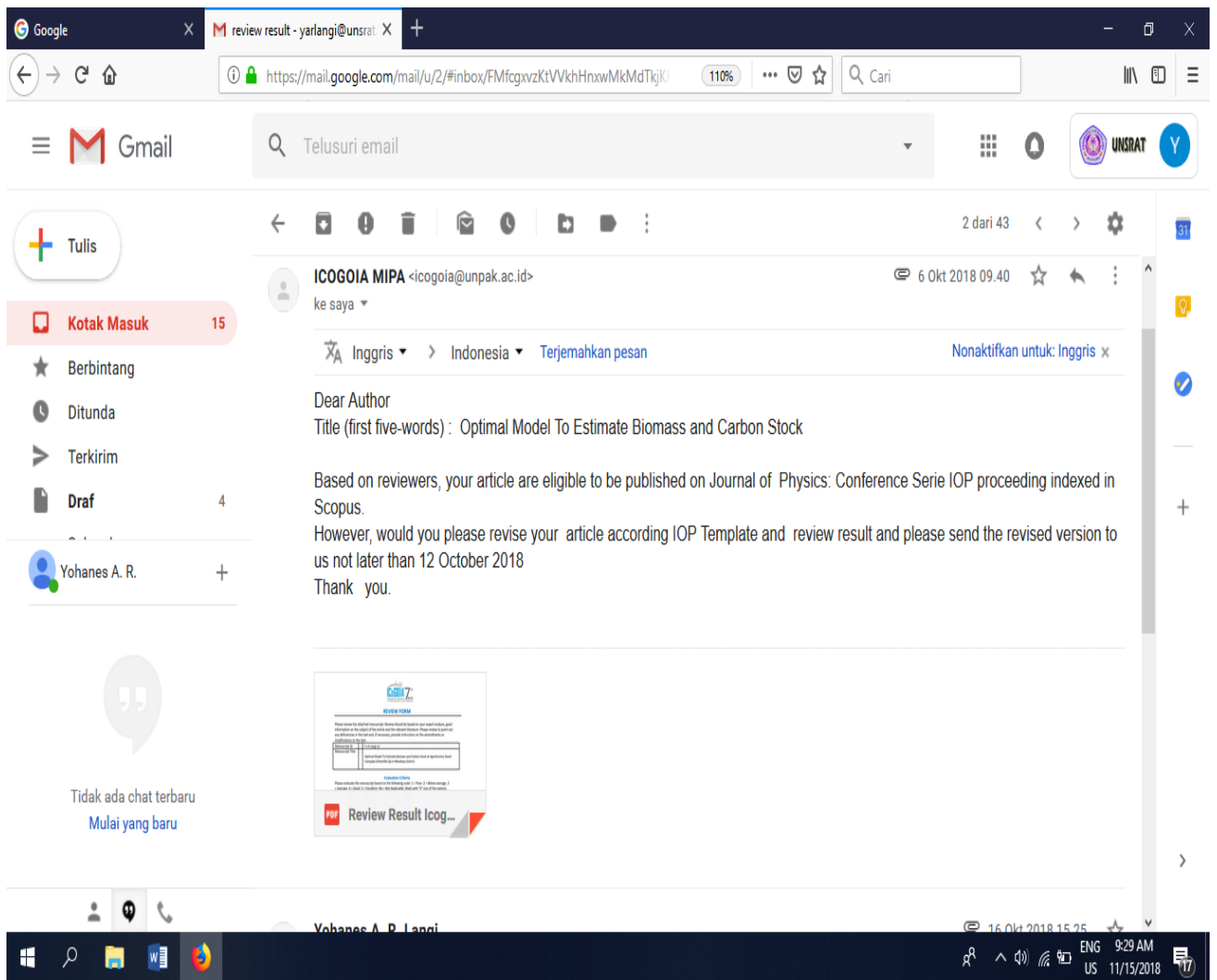
Tegakan hutan rakyat pohon cempaka memiliki kandungan biomasa yang cukup besar bail pada tegakan pohon cempaka murni maupun tegakan cempaka campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- 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-manado<http://www.dephut.go.id>
- [Dephut]. 1999. Undang Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Jakarta. Departemen kehutanan RI
- Draper N, Smith. 1991. Applied Regression Analysis. Second Edition. New York. John Wiley and Sons.
- PKR. Nair, Editor. 1989. Agroforestry System in Tropics. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 245 p.
- DN, Pandey. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. London. Publisher Elsevier Science Ltd. Climate Policy (2) 367-377.
- PKR, Nair, DV, Nair. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry System . <http://www.Idd.go.th./Wcss2002/papers/0989.pdf>. [17 Maret 2005].
- Sandra Brown, 1999. Guidelines for Inventory and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. Winrock International, Arlington, VA.
- [MoE] Ministry of Environment Republic of Indonesia. 2003. National Strategy Study on DCM in Forestry Sector, Final Report. Jakarta. York: John Wiley and Sons.
- 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
- D. Zianis, M. Mencucini. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. Forest Ecology and Management 187: 311-332.
- Cooper CF (1983) Carbon storage in managed forests. Can J For Res 13:155–166
- QM, Ketterings, Coe R, MV, Noordjwik, 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.
- Tumwebaze, E. Bevilacqua, R Briggs, T Volk. 2015. Allometric Biomass Equation for Tree Species Used in Agroforestry System in Uganda. Agroforestry System. 87:781-795
- W. B. Possu, J. R. Brandle, G. M. Domke, M Schoeneberger. 2016. Estimating Carbon Storage In Windbreak Trees On U.S. Agricultural Lands. Agrofererstry System. DOI 10.1007/s10457-016-9896-0

- Sandra Brown, 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer. FAO. Forestry Paper No. 134. USA: FAO. Hlm 10-13.
- 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.
- 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.
- K. Hairiah, SM. Sitompul, M. van Noorwijk, CA, Palm, 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks above and below ground. Bogor. Indonesia: ICRAF
- 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]
- Draper N, Smith H. 1991. Applied Regression Analysis. Second Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Zianis D, Mencucini M. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. *Forest Ecology and Management* 187: 311-332.
- 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.
- Jenkins et al. 2003. National-Scale Biomass Estimation for United State Tree Species. USA. *Forest Science* 49(1) : 12 – 35.

Lampiran 2. Luaran Artikel “Accepted”



The screenshot shows a Gmail interface with a browser window at the top. The browser address bar displays the URL: <https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgxvzKtVvkhHnxwMkMdTkjKl>. The Gmail header includes the search bar with the text "Telusuri email" and the UNSRAT logo. The left sidebar shows the "Kotak Masuk" (Inbox) with 15 items, and a list of folders: "Berbintang", "Ditunda", "Terkirim", and "Draf" with 4 items. A contact named "Yohanes A. R." is also visible. The main content area shows an email from "ICGOIA MIPA <icgoia@unpak.ac.id>" dated "6 Okt 2018 09.40". The email body contains the following text:

Dear Author
Title (first five-words) : Optimal Model To Estimate Biomass and Carbon Stock

Based on reviewers, your article are eligible to be published on Journal of Physics: Conference Serie IOP proceeding indexed in Scopus.
However, would you please revise your article according IOP Template and review result and please send the revised version to us not later than 12 October 2018
Thank you.

Below the text is a thumbnail of a document titled "Review Result Ico...". The document header includes "ICGOIA MIPA" and "REVISI HASIL". The document content is partially obscured but appears to be a review report. At the bottom of the screenshot, the Windows taskbar is visible, showing the system tray with the date "11/15/2018" and time "9:29 AM".

Lampiran 3. Sertifikat sebagai Pemakalah pada Seminar Internasional ICOR-IORA 2018 Universitas Sam Ratulangi, Manado 20 – 21 September 2018





IORA-International Conference on Operations Research (IORA-ICOR) 2018 FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS SAM RATULANGI



Alamat : Jurusan Matematika, Fakultas MIPA UNSRAT
Jl. Kampus UNSRAT, Kleak-Manado, Indonesia 95115.
Phone **081340737994**, email: icor2018@unsrat.ac.id, website: <http://icor2018.org>

Manado, 27th September 2018

Dear Yohanes A. R. Langi,

Thank you for participating in The 3rd International Conference on Operations Research 2018 (ICOR 2018) which was held on 20-21st September 2018 and submitting your Full Paper entitled:

“Estimate Model Biomass Tree Cempaka (*Elmerillia* Sp)
on Agroforestry Stand at Minahasa District”

With authorships:

1. Yohanes A R Langi
2. Altien J. Rindengan
3. Charles E Mongi
4. Martina Langi
5. Rinancy Tumilaar

It is our pleasure to inform you that your paper **has been accepted** and is in the process of review to be published in the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Indexed in Scopus). The result will be informed soon.

Thank you.

Warm Regards,
Chairman of ICOR2018



Lampiran 4. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : YOHANES ANDREAS ROBERT LANGI S.Si, M.Si

Alamat : Paal IV Lingkungan IV Kec. Tikala Manado

berdasarkan Surat Keputusan Nomor 03/E/KTP/2018 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 168/UN12.13/LT/2018 mendapatkan Anggaran Penelitian Model Pendugaan Biomassa dan Karbon Pohon Cempaka (*Elmerillia* Sp) pada Tegakan Hutan Rakyat di Kabupaten Minahasa untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca sebesar 72,415,000 .

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah
01	Honorarium Pelaksana Peneliti	4,000,000
02	Peralatan Penunjang	7,350,000
03	Bahan Habis Pakai Peralatan ATK, Beli Pohon, dll	26,060,000
04	Perjalanan Survey Lokasi, Pengambilan Data, Mengikuti Seminar Internasional	19,005,000
05	Lain-lain Biaya Sewa, Publikasi dan Prosiding Internasional, Fotocopy dan Penjilitan Laporan, Konsumsi, Dokumentasi	16,000,000
	Jumlah	72,415,000

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian dimaksud.

3. Bersedia menyimpan dengan baik seluruh bukti pengeluaran belanja yang telah dilaksanakan.

4. Bersedia untuk dilakukan pemeriksaan terhadap bukti-bukti pengeluaran oleh aparat pengawas fungsional Pemerintah

5. Apabila di kemudian hari, pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian Negara maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.



Kota Manado, 25 - 9 - 2018

Ketua,

(YOHANES ANDREAS ROBERT LANGI,
S.Si, M.Si)

NIP/NIK 197006132005011001

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

Y A R Langi¹, A Rindengan¹, C Mongi¹, M Langi²

¹Department of Mathematics, Sam Ratulangi University, Jl. Kampus Unsrat Kleak Manado Indonesia 95115

²Department of forestry, Sam Ratulangi University, Jl. Kampus Unsrat Kleak Manado Indonesia 95115

Corresponding author: yarlangi@unsrat.ac.id

Abstract. Agroforestry system is better than terrestrial option to reduce the climate change. The aim of this study are; to establish prediction model on biomass and carbon of dominant trees (*Elmerillia sp*); and to construct the relationship models between carbon and biomass. This research was conducted in agroforestry stand located at the two area in Minahasa district, in period of April to July 2018. Data were collected from sample plots dominated by *Elmerillia sp*. The thirty-five trees model of dominant species were selected for harvest. In this study, we developed individual-tree biomass models for cempaka tree (*Elmerillia Sp*) in Agroforestry stands in Minahasa, using 64 previously established models that have been most commonly used to estimate tree biomass. We selected the best fit models and modified them. The results showed that the published model, had the best fit for estimating the tree biomass of Cempaka tree (*Elmerillia Sp*). The result observed that variables D(dbh), H(height), and WD (wood density) were significantly correlated with the total tree biomass estimation model. As a result, a natural logarithm structure gave the best estimates for the tree biomass structure. The best equation allometric models for estimated biomass and carbon in agroforestry stand with trees dominant *Elmerillia sp*, are geometric models in logarithem as $Y = aDb$, where (Y = total biomass/carbon tree; a , b , = parameter regression, and D = Dbh).

1. Introduction

Good tree management in social forestry such as agroforestry, private forestry can mitigate green house gas (GHG) emission under the Kyoto Protocol. Agroforestry system are better climate change mitigation option than terrestrial option because of the secondary benefits such as helping to attain food security, increasing farm income, increasing farm income, maintaining above-ground and belowground, biodiversity, soil conservation [1]; reduce emission [2], and expand forest . Agroforestry is a form of management practice community-based forest. Agroforestry has the potential as one large enough carbon sink [3]. [4] reported more than 345 million ha the area of plantation forest and agroforestry has the potential to be developed for carbon conservation and absorption. This practice will result in absorption carbon is around 6.3-16.4 GtC per year, and contributes to economic benefits for farmers in the CDM framework. The study also states more than 50% carbon forests can originate through community-based activities [5].

This study aims to determine the most optimal model based on the relationship between tree dimensions to estimate the biomass and carbon potential of the Cempaka tree (*Elmerillia Sp*) by using the allometric regression equation, and to determine the allometric relationship between biomass and carbon uptake potential. The model was built based on 35 cempaka trees that were harvest from various diameter and age classes, while the model to be used 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 carried out, 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].

Estimation and Measurement of Tree Biomass.

In [12] there are two approaches used to estimate biomass from trees, namely the volume approach and the equation approach.

The volume approach is Above-ground biomass (ton/ha) = VOB X WD X BEF [13]

where:

VOB = Volume of branch-free stems with skin (m³ / ha)

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

BEF = Ratio of total biomass of dry tree oven above ground with dry biomass oven results 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.

Some experts develop biomass estimation of allometric relations by building relationships of tree diameter with tree height [14] [9] [15]. According to [12] 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.

2. Materials and Methods

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

2.1. Description Cempaka (*Elmerillia Sp*)

Cempaka trees (*Elmerillia Sp*) are endemic trees in Minahasa, there are two types, namely cempaka (*Elmerillia Sp*) and cempaka wasian (*Elmerillia Ovalis Sp*). Cempaka trees having moderate growth ability, and widely planted in agroforestry [16]. In their habitat in natural forests has a diameter (dbh) of 45-55 cm, a branch-free height of 15-20 m, at the age of 30-40 years, while in the agroforestry area that is planted by the community, at the age of 20-30 years has a diameter (dbh) 40-50 cm, branch-free height of 10-15 m [16]. Generally thrives around 300-400 meters above sea level, and many are planted in the Minahasa, Tomohon and South Minahasa district.

2.2. Statistical Analysis

The Biomass estimator model used in the formation of 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 an intrinsically linear with geometric shape that can be linearized through logarithmic transformations. General form of geometric model : $\hat{Y} = \alpha X^\beta$

In general the tree biomass is determined indirectly through allometric equations arranged for estimate tree's biomass. Some of allometric equations that has been developed by Brown [12] [13] [9] for tree species in tropical forests. A total of 35 sample trees were chosen representing tree species which comprise the agroforestry stand, Biomass allometric estimator tree for *Elmerrilla sp*, specifically prepared, because these spcies are the dominant tree species planted in both agroforestry locations, and in Minahasa generally there are no allometric equations available. The other species seen by the allometric equation are *Palaquium sp* and *Eugenia aromaticum*.

2.2.1. Biomass Estimator Model Stand the Species of *Elmerillia sp*. Allometric equation model are constructed from the assumption that there is a significant functional relationship between tree biomass or tree's network part with tree dimension. This relationship is examined using the equation models that was tried before. The tree dimension that used include allometrics, where this allometrics uses one dimension variable and two variable dimension.

Equation model that obtained :

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

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

$$3. \hat{Y} = \alpha + \beta D + \gamma D^2 \varepsilon_i \dots\dots\dots (3)$$

Where : Y = biomass estimate (ton/ha); α, β, γ = regression parameters ; D = Tree's diameter (Dbh) (cm) ; H = Tree's Height (m) ; ε_i = Error

Equation (1) is an equation that's widely used by researchers [18] [12] [19] [20], and it's accordance 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.

3. Result and Discussion

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

The table 3 presenting 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 dan $MSPE$ models. The best model must 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 Hight of Correlation Value (r) obtained between the totals of tree biomass and tree stem with Dbh, both type wasian as well as 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 Biostem) are 98,4 ($P < 0,05$) for wasian, and 99,8 ($P < 0,05$) for cempaka. Table 13 shown that, based on the selection of the best regression parameter models for estimating the totals of tree biomass and part of tree trunk biomass and also another part of tree network which shown that the equations with one independent variable there is Tree diameter's 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% dan 99,8% ($P < 0,05$). As well as 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 estimating tree biomass using tree diameter variable is reliable enough 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 contributes little diversity and tends to be unreal ($p < 0,05$) to increase accuracy in estimating tree biomass, which is reflected by the value of R^2 which tends to be fixed or only slightly increases, even tends to fall. In equation 3 the 2nd order polynomial model with the combination of D and D^2 as independent variables, although statistically good enough with very high R^2 values, but the value of s , PRESS, MSPE and CV is very large, whereas F statistics ($P > 0.05$) tend not to be significantly different or insignificant and the equation (3) model is not consistent as a biomass estimator for other parts of the tree network.

Table 1. Descriptive statistics of 20 tree samples used to construct biomass allometric regression models at cempaka (*Elmerrilia Sp*) agroforestry stand (dominant cempaka location)

Tree Dimensi	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 ²)	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 ²)	328.99-1607.34	1146.50	64.8	7.42
Biomass stem (kg)	76.2-1565.1	446.7	233.7	50.3
Biomass branch (kg)	32.5-309.1	66.5	46.6	26.6
Biomass twigs (kg)	0.98-89.02	22.50	25.85	6.67
Biomass leave (kg)	2.59-49.4	20.46	14.32	3.70
Biomassa buah (kg)	0.00-10.75	1.53	1.90	1.01
Biomass bark (kg)	10.86-83.20	29.04	21.96	6.19
Biomass root (kg)	12.6-65.3	34.1	13.0	5.7
Biomass total (kg)	121.0-2762.0	679.1	303	94

Table 2. Descriptive statistics of 15 tree samples used to construct biomass allometric regression models at cempaka (*Elmerrilia Sp*) agroforestry stand (mixed tree location)

Tree Dimensi	Range	Mean	Se	MSe
Diameter dbh (cm)	17.50-40.00	21	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 ²)	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 ²)	239-1599.4	715.2	71.6	11.55
Biomass stem (kg)	56.3-1330.7	380.5	155.8	81.9
Biomass branch (kg)	31.9-366.9	77.9	69.3	15.6
Biomass twigs (kg)	20.9-273.0	69.6	48.5	15.7
Biomass leave (kg)	11.89-75.69	33.54	18.03	9.43
Biomassa buah (kg)	0.00-15.42	5.83	2.9	1.52
Biomass bark (kg)	8.50-198.0	42.9	20.5	13
Biomass root (kg)	1.3-30.0	26.8	19.1	2.4
Biomass total (kg)	114.0-2691.0	514.2	674	174

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

Parts	Equation	R ²	s	PRESS	F	MSPE	CV
Cempaka in First Location							
Stem	Y=0,0971D ^{3,49}	98.4	0.0703	0.08935	862.86	0.124	0.0012

Branch	$Y=0,0240D^{2,39}$	97.5	0.0853	0.1289	543.44	0.667	0.0654
Twigs	$Y=0,0096D^{2,47}$	96.4	0.1055	0.18737	376.66	0.766	0.0466
Leaf	$Y=0,137D^{1,63}$	89.3	0.1245	0.29183	117.86	2.044	10.668
Fruit	$Y=0,0013D^{2,49}$	74.1	0.0547	0.05679	6.71**	2,124	32.001
Skin	$Y=0,0081D^{2,51}$	95.6	0.1187	0.23706	308.1	0.881	0.6241
Root	$Y=0,0302D^{2,29}$	95.3	0.1123	0.22407	287.57	0.662	0.321
Total	$Y=0,1991D^{2,40}$	99.2	0.0479	0.04115	1730.72	0.225	0.0126
Cempaka in Second Location							
Stem	$Y=0,0263D^{2,79}$	99.8	0.0269	0.01181	8256.96	0.027	0.0012
Branch	$Y=0,0091D^{2,49}$	98.1	0.0835	0.12363	730.05	0.212	0.2011
Twigs	$Y=0,0023D^{2,89}$	98.1	0.0901	0.15164	736.63	0.679	0.3144
Leaf	$Y=0,0631D^{1,83}$	93.6	0.1077	0.21321	206.39	1.674	10.960
Fruit	$Y=0,7112D^{0,624}$	77.2	0.028	0.01698	7.76**	4.88	6.09
Skin	$Y=0,0021D^{2,88}$	98.3	0.0849	0.12203	825.02	0.114	0.0124
Root	$Y=0,1D^{2,67}$	96.9	0.1084	0.25823	432.75	2,680	12,442
Total	$Y=0,0646D^{2,71}$	99.7	0.0331	0.01998	4795.74	0.013	0.0012

4. Conclusion

The allometric equation model with one independent variable namely tree diameter (Dbh) is the best model and is quite reliable and is consistent in estimating biomass potential 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 dominate is $Y = 0,1991D^{2,40}$ with the coefficient of determination (R^2) = 99,2 %.

Acknowledgments

This research is supported by Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi from DRPM 2018 (Skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi) fund.

References

- [1] PKR. Nair, Editor. 1989. Agroforestry System in Tropics. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 245 p.
- [2] DN, Pandey. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. London. Publisher Elsevier Science Ltd. Climate Policy (2) 367-377.
- [3] PKR, Nair, DV, Nair. 2002. Carbon Sequestration in Agroforestry System . <http://www.Idd.go.th/Wcss2002/papers/0989.pdf>. [17 Maret 2005].
- [4] Sandra Brown, 1999. Guidelines for Inventory and Monitoring Carbon Offsets in Forest-Based Projects. Winrock International, Arlington, VA.
- [5] [MoE] Ministry of Environment Republic of Indonesia. 2003. National Strategy Study on DCM in Forestry Sector, Final Report. Jakarta.York: John Wiley and Sons.
- [6] 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
- [7] D. Zianis, M. Mencucini. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. Forest Ecology and Management 187: 311-332.
- [8] Cooper CF (1983) Carbon storage in managed forests. Can J For Res 13:155–166

- [9] 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.
- [10] Tumwebaze, E. Bevilacqua, R Briggs, T Volk. 2015. Allometric Biomass Equation for Tree Species Used in Agroforestry System in Uganda. *Agroforestry System*. 87:781-795
- [11] 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
- [12] Sandra Brown, 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer. FAO. Forestry Paper No. 134. USA: FAO. Hlm 10-13.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] K. Hairiah, SM. Sitompul, M. van Noorwijk, CA, Palm, 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks above and below ground. Bogor. Indonesia: ICRAF
- [16] 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]
- [17] Draper N, Smith H. 1991. *Applied Regression Analysis*. Second Edition. New York: John Wiley and Sons.
- [18] Zianis D, Mencucini M. 2004. On Simplifying Analyses of Forest Biomass. *Forest Ecology and Management* 187: 311-332.
- [19] 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.
- [20] Jenkins et al. 2003. National-Scale Biomass Estimation for United State Tree Species. USA. *Forest Science* 49(1) : 12 – 35.