

MODEL PENDUGA VOLUME POHON KELOMPOK JENIS KOMERSIAL PADA WILAYAH KABUPATEN SARMI, PAPUA

TIMBER VOLUME ESTIMATION MODEL FOR MERCHANTABLE TREE SPECIES IN SARMI REGENCY, PAPUA

Relawan Kuswandi

Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Manokwari
Jl. Inamberi-Pasir Putih PO Box 159 Manokwari Papua Barat
Telp. (0986) 213437-213440, Fax (0986) 213441
Email: r_kuswandi@yahoo.co.id

Diterima: 29 Agustus 2016; direvisi: 31 Agustus 2016; disetujui: 21 Desember 2016

ABSTRAK

Penaksiran potensi tegakan yang akurat melalui kegiatan inventarisasi sangat diperlukan dalam perencanaan pengelolaan hutan. Untuk itu diperlukan perangkat penduga yang tepat dan handal dalam pendugaan volume kayu. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penyusunan model penduga volume pohon yang akurat untuk jenis komersial di areal IUPHHK PT. Wapoga Mutiara Timber, Kabupaten Sarmi. Persamaan regresi hubungan antara diameter (d) dan panjang (p) tidak memiliki keeratan korelasi yang terlihat dari kecilnya nilai koefisien determinasi ($R^2=6,7\%$). Persamaan penduga tabel volume pohon yang terbaik berdasarkan uji validasi model pada IUPHHKA PT. Wapoga Mutiara Timber adalah persamaan $\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \log d$.

Kata kunci : Jenis komersial, persamaan regresi, Papua, volume pohon

ABSTRACT

Precise forest inventory to estimate standing stock is needed in forest management planning. Therefore, it is necessary to have proper and reliable tools in estimating merchantable timber volume. This research was intended to build an accurate model to estimate timber volume for merchantable species in logging concession of PT Wapoga Mutiara Timber, Sarmi Regency. Regression equation between diameter and length did not have a significant correlation (coefficient of determination, $R^2 = 6.7\%$). The best equation to estimate table tree volume based on validation test in logging concession of PT Wapoga Mutiara Timber was $\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \log d$.

Keywords: merchantable species, regression equation, Papua, tree volume

PENDAHULUAN

Pengelolaan hutan alam secara lestari diperlukan perencanaan yang terencana dan akurat. Untuk itu diperlukan data potensi tegakan yang akurat. Data potensi tegakan yang digunakan harus didasarkan atas hasil penaksiran dengan metode yang cukup akurat. Hal ini dapat dipenuhi apabila penaksiran potensi tegakan tersebut diperoleh dari hasil pendugaan dengan menggunakan perangkat penduga yang memiliki ketelitian yang cukup tinggi. Menurut Akinnifesi (1995) dalam Sumadi, Nugroho dan Rahman, (2010) penggunaan teknik yang tepat dan handal dalam pendugaan volume kayu berguna dalam efisiensi pengelolaan potensi tegakan, evaluasi tegakan, dan keperluan perhitungan produksi kayu.

Pendugaan volume pohon pada umumnya masih menggunakan angka bentuk, walaupun penggunaannya cukup praktis di lapangan, tetapi memiliki keakuratan yang kurang disebabkan adanya perbedaan bentuk batang. Hal ini disebabkan adanya variasi pertumbuhan pohon, baik disebabkan oleh perbedaan jenis, tempat tumbuh maupun tindakan silvikultur, akan menyebabkan bentuk dan ukuran batang yang berbeda (Krisnawati dan Bustomi, 2004). Perbedaan pendugaan volume pohon yang bersifat umum sebaiknya dihindarkan karena akan menghasilkan dugaan yang kurang akurat dan merupakan salah satu sumber kesalahan dalam penaksiran (Sumadi, Nugroho dan Rahman, 2010; Susila, 2012).

Metode pendugaan volume pohon yang memiliki akurasi lebih tinggi adalah dengan menggunakan tabel volume pohon yang dibuat berdasarkan persamaan regresi. Persamaan regresi yang dibangun memberikan hubungan antara dimensi pohon yang mudah diukur (diameter dan tinggi pohon) dengan volume pohon. Suchomel, Pyttel, Becker and Bauhus (2012), Qirom dan Supriyadi (2013) menyebutkan bahwa penggunaan ekstrapolasi dari suatu model alometrik volume menyebabkan pendugaan terhadap volume tidak akurat. Keakuratan dan ketepatan suatu model alometrik dapat ditingkatkan dengan menyusun model alometrik yang bersifat spesifik (Brandies, Delaney, Parresol, and Royer, 2006; Qirom dan Supriyadi, 2012). Model penduga volume pohon dapat menjadi dasar dalam penyusunan tabel volume pohon. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan penyusunan tabel volume pohon yang akurat untuk kelompok jenis komersial di Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK) PT. Wapoga Mutiara Timber di Kabupaten Sarmi, Papua. Hasil ini diharapkan dapat mempermudah pelaksanaan kegiatan inventarisasi di lapangan dalam menunjang perencanaan pengelolaan hutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2012 di areal IUPHHK PT. Wapoga Mutiara Timber di Bonggo Kabupaten Sarmi. Keadaan umum areal IUPHHK PT Wapoga Mutiara Timber adalah sebagai berikut (Kuswandi, Sadono, Supriyatno dan Marsono, 2015) : Topografi pada areal tersebut datar sampai bergelombang terletak pada ketinggian 0-500 m dpl dengan jenis tanah Podsolik dan Aluvial. Iklim pada areal ini termasuk tipe A, dengan rata-rata curah hujan 1.811 mm/tahun. Jumlah hari hujan setiap bulan 14,5 hari.

Bahan yang digunakan untuk penyusunan model penduga volume pohon adalah pohon jenis komersial yang terdapat pada areal IUPHHK PT. Wapoga Mutiara Timber. Peralatan yang digunakan adalah : pita ukur (*phi-band*), *tallysheet* dan alat tulis.

Metode

1. Pengumpulan Data

Pemilihan pohon contoh dilakukan secara sengaja berdasarkan sebaran diameter pohon di areal penelitian. Banyaknya sampel pohon tergantung pada banyaknya pohon yang ditemukan di petak tebangan dengan minimal sampel pohon sebanyak 150 pohon.

Pohon contoh yang diteliti terbagi menjadi 11 kelas diameter dengan interval kelas 10 cm. Kelas diameter dimulai dari kelas diameter 10 cm hingga kelas diameter >110 cm. Sampel pohon yang dipilih dengan syarat-syarat antara lain: lurus, tidak menggarpu, bebas dari serangan hama penyakit, batang tidak pecah setelah ditebang. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran pohon berdiri yaitu setinggi dada atau 20 cm diatas banir untuk menentukan sebaran kelas pohon dan pengukuran pohon rebah (telah ditebang) untuk pengukuran seksi pohon. Untuk tiap sampel dilakukan pengukuran seksi (diameter pangkal sampai ujung bebas cabang) dengan panjang seksi masing-masing 2 m. Oleh sebab itu variabel yang dipakai adalah panjang batang. Diameter setinggi dada diasumsikan adalah diameter pangkal karena rata-rata batas bawah (pangkal) pohon yang ditebang adalah setinggi dada atau 20 cm di atas banir.

Pengelompokan jenis komersial berdasarkan SK Menteri Kehutanan No. 163/Kpts/2003 tentang pengelompokan jenis kayu sebagai dasar pengenaan iuran kehutanan (Dephut, 2003). Kelompok jenis komersial adalah semua jenis yang termasuk dalam kelompok meranti, rimba campuran dan kayu indah berdasarkan SK tersebut.

2. Pengolahan dan Analisis Data

a. Perhitungan Volume Aktual

Volume pohon aktual dihitung dengan menjumlahkan volume setiap seksi yang membentuk batang, sedangkan volume setiap seksi batang dihitung dengan menggunakan rumus Smallian (Sumadi dan Siahaan, 2010) yaitu

$$Vs = (Bp + Bu)/2xL \dots\dots\dots(1)$$

$$Va = \sum Vs \dots\dots\dots(2)$$

Dimana Vs adalah Volume seksi batang (m³), Va adalah Volume aktual pohon (m³), Bp adalah Luas bidang dasar pangkal seksi (m²), Bu adalah Luas bidang dasar ujung seksi (m²) dan L adalah Panjang seksi (m).

b. Penyusunan Persamaan Regresi Model Penduga Volume Pohon

Persamaan regresi yang akan dipergunakan adalah persamaan Berkhout (Simon, 2007) baik melalui transformasi maupun tanpa transformasi ke bentuk liniernya yaitu $V = aD_{bh}^b$ (3) di mana V adalah Volume kayu tiap pohon, D_{bh} adalah Diameter setinggi dada (1.3 m), dan a, b adalah Koefisien regresi.

c. Pengujian Model

Pengujian keabsahan atau keberlakuan (*validation*) untuk memilih model regresi terbaik dalam menyusun model penduga pohon dilakukan berdasarkan nilai simpangan baku (*s*), koefisien determinasi (R^2), simpangan agregatif (*SA*) dan simpangan rata-rata (*SR*) (Zewdie, Olsson, and Verwijst, 2009; Subedi dan Sharma, 2012; Suchomel *et al.*, 2012). Validasi model dengan menggunakan seluruh data yang digunakan dalam penyusunan model (Uzoh and Oliver, 2008).

Keakuratan model penduga volume pohon diuji berdasarkan simpangan yang dihasilkan baik simpangan rata-rata maupun simpangan agregatif. Nilai *SR* memberikan gambaran besarnya perbedaan antara volume hasil dugaan dengan volume hasil pengukuran sebenarnya dilapangan secara rata-rata. Nilai *SA* memberikan gambaran simpangan volume dugaan dan volume sebenarnya secara agregat. Persamaan *SR* dan *SA* yaitu (Qirom dan Supriyadi, 2012) adalah

$$SR = ((\sum\{(Vd - Va)/Vd\} \times 100\%)/N) \tag{4}$$

$$SA = \left(\frac{\sum Vd - \sum Va}{\sum Vd} \right) \times 100\% \tag{5}$$

Dimana *SR* adalah Simpangan rata-rata, *SA* adalah Simpangan agregat, *Va* adalah Volume aktual (volume hasil pengukuran dilapangan), *Vd* adalah Volume dugaan (berdasarkan model pendugaan volume pohon) dan *N* adalah Jumlah pohon.

Pemilihan model terbaik dilakukan berdasarkan jumlah nilai skoring terendah. Pemberian skor dilakukan terhadap nilai R^2 , *s*, *SR* dan *SA*. Nilai 1 diberikan pada R^2 tertinggi, *s*, *SR* dan *SA* terendah. Nilai 2 diberikan pada R^2 tertinggi kedua, *s*, *SR* dan *SA* terendah berikutnya. Demikian untuk nilai 3 dan seterusnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sebaran Pohon Model

Pohon yang diamati sebanyak 204 batang dengan sebaran diameter 15,6 – 128,4 cm yang terdiri dari 23 jenis (Lampiran 1). Selanjutnya, sebaran pohon digunakan dalam membuat penyusunan model pendugaan tabel volume pada areal IUPHHK PT. Wapoga Mutiara Timber dapat dilihat pada Tabel 1.

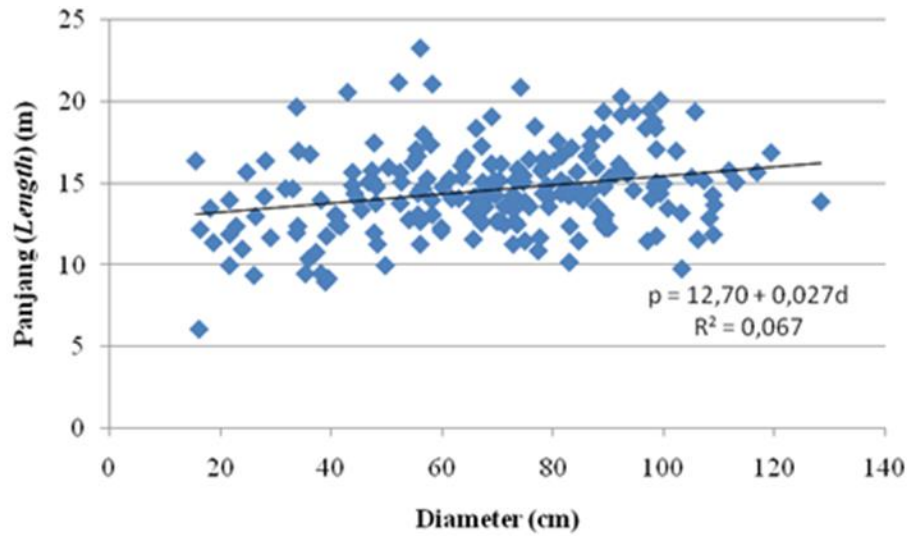
Tabel 1. Sebaran diameter dan panjang batang pohon untuk tahap penyusunan model pendugaan volume

Selang diameter (cm)	Panjang batang (m)																		Jumlah batang
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
10-19	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
20-29	0	0	0	1	1	1	4	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11
30-39	0	0	0	2	3	1	3	0	1	2	0	2	0	0	1	0	0	0	15
40-49	0	0	0	0	1	1	2	4	3	5	2	0	1	0	0	1	0	0	20
50-59	0	0	0	0	0	1	2	4	3	4	3	3	1	0	0	2	0	1	24
60-69	0	0	0	0	0	0	1	4	8	6	4	2	1	1	0	0	0	0	27
70-79	0	0	0	0	0	2	2	5	10	4	5	2	0	1	0	1	0	0	32
80-89	0	0	0	0	1	0	3	3	6	6	3	4	3	1	0	0	0	0	30
90-99	0	0	0	0	0	0	3	0	2	5	3	1	2	3	3	0	0	0	22
100-109	0	0	0	0	1	0	2	2	3	3	0	1	0	1	0	0	0	0	13
>110	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	5
Jumlah batang (Total)	1	0	0	3	7	7	23	23	40	36	24	16	8	7	4	4	0	1	204

B. Model Penduga Volume Pohon

Volume pohon yang dimodelkan adalah akumulasi dari semua jenis komersial. Penyusunan model penduga volume pohon berdasarkan hubungan antara panjang batang dan diameter dengan menggunakan persamaan regresi. Hal ini dilakukan

untuk mengetahui apakah dalam menyusun persamaan penduga volume pohon dapat digunakan satu variabel saja yaitu diameter atau tidak. Hubungan antara diameter dan panjang batang dapat dilihat pada gambar 1.



Cambar 1. Hubungan antara diameter dan panjang batang

Hasil regresi hubungan antara diameter (*d*) dan panjang (*p*) tidak memiliki keeratan korelasi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 6,7 %. Hal ini diduga karena hutan alam memiliki keadaan tempat tumbuh yang berbeda untuk setiap individu pohon (Menéndez-Miguélez, Canga, Álvarez-Álvarez, dan Majada., 2014). Oleh karena itu, hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian yang dilakukan, dimana terdapat hubungan korelasi yang erat antara diameter dan panjang/tinggi pohon dengan R^2 lebih besar dari 60 % (Qirom dan Supriyadi, 2012).

Selanjutnya untuk mengetahui variabel peubah bebas yang dapat dihilangkan dilakukan dengan uji regresi linier dan non linier dengan metode stepwise. Berdasarkan hasil uji tersebut maka variabel peubah

bebas yang dapat dihilangkan dalam penyusunan persamaan penduga tabel volume adalah panjang/tinggi pohon. Hal ini juga nampak dari hasil hubungan antara volume dan diameter pohon yang memiliki keeratan hubungan yang tinggi, dimana nilai koefisien determinasinya (R^2) yaitu 90,8 % dan Fhit-nya yaitu 0,00 (taraf kepercayaan 95 %).

Persamaan model yang diujikan adalah persamaan Berkhout yang ditransformasikan terlebih dahulu ke dalam bentuk linearnya yaitu : $\text{Log } V = \text{Log } a + b \text{ Log } D$. Model-model persamaan regresi yang diperoleh untuk menduga volume pohon kelompok jenis komersial pada IUPHHKA PT. Wapoga Mutiara Timber berdasarkan peubah bebas diameter pohon seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan model pendugaan volume pohon kelompok jenis komersial berdasarkan peubah bebas diameter pohon

No.	Model persamaan	Statistik (%)			
		R^2	S	SR	SA
1.	$V = - 0.113 + 0.000945 d^2$	94.6	0.757	0.17	0.024
2.	$V = - 0.292 + 0.0059 d + 0.000902 d^2$	94.6	0.759	8.65	- 0.023
3.	$\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \text{ log } d$	97.7	0.064	0.92	0.021

Keterangan : R^2 (coefficient of determination), *s* (Standars Error of the Estimate), SR (Average Deviation), SA (Aggregate Deviation)

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa keeratan hubungan antara volume sebagai peubah tak bebas dengan diameter sebagai peubah bebas dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien determinasi (R^2). Dilihat dari besarnya nilai-nilai koefisien tersebut, maka volume dengan diameter pohon terdapat hubungan yang erat, dimana lebih dari 94 % keragaman volume

diterangkan oleh keragaman diameter pohon. Ver Planck dan MacFarlane (2014) menyatakan bahwa bentuk batang dari individu mempengaruhi bentuk model dari persamaan untuk menentukan volume berdasarkan diameter. Hasil penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap jenis jelutung rawa

dengan $R = 83,4\%$ (Qirom dan Supriyadi, 2012); jenis *bipa* dengan $R 92,43\%$ (Isnaini, 2011); lebih rendah dari jenis jambu, matoa dan medan dengan R berturut-turut $96,7\%$; $97,8\%$ dan $96,8\%$ (Isnaini, 2011)

Hasil analisis statistik penggunaan peubah bebas diameter setinggi dalam menduga volume pohon total cukup memenuhi syarat ketelitian persamaan dalam menduga volume pohon baik dari nilai R^2 , s , SR dan SA. Model penduga volume pohon dikatakan cukup valid apabila SA kurang dari 1% dan SR kurang dari 10% , nilai R^2 tinggi dan nilai s kecil (Sumadi dan Siahaan, 2010; Sumadi *et*

al., 2010; Isnaini, 2011; Qirom dan Supriyadi, 2013;). Dari hasil analisis besarnya nilai SR dan SA dari persamaan yang dibangun sudah menunjukkan tingkat kevalidan dengan nilai SR dibawah 10% dan nilai SA di bawah 1% , nilai $R^2 > 94\%$.

C. Validasi Model Penduga Volume

Pemilihan model persamaan regresi terbaik dilihat dari nilai-nilai statistik saat penyusunan model regresi dan uji validasi model. Pemilihan model persamaan terbaik ditunjukkan dari jumlah nilai skor terendah seperti nampak pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Model persamaan terbaik berdasarkan model regresi dan uji validasi

No.	Model persamaan	Statistik (%)			Jml skor	
		R^2	S	SR		SA
1.	$V = - 0.113 + 0.000945 d^2$	2	2	1	3	8
2.	$V = - 0.292 + 0.0059 d + 0.000902 d^2$	2	3	3	2	10
3.	$\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \log d$	1	1	2	1	5

Keterangan (Remark): R^2 (coefficient of determination), s (Standars Error of the Estimate), SR (Average Deviation), SA (Aggregate Deviation)

Berdasarkan Tabel 3 model penduga volume pohon terbaik yaitu persamaan 3 dengan model persamaan $\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \log d$. Hal ini nampak dari jumlah skor terkecil yang diperoleh masing-masing model persamaan. Persamaan 3 dapat digunakan untuk menduga tabel volume pohon jenis-jenis komersil pada IUPHHK PT. Wapoga Mutiara Timber karena mempunyai jumlah skor terendah dibandingkan dengan persamaan 1 dan 2. Dengan demikian penggunaan peubah diameter dalam kegiatan inventarisasi cukup valid digunakan untuk menduga volume pohon. Hal ini akan mempermudah kegiatan inventarisasi di lapangan, karena pengambilan data diameter di lapangan lebih mudah dan murah dengan tingkat akurasi yang tinggi (Zewdie *et al.* 2009; Qirom dan Supriyadi, 2013).

KESIMPULAN

Persamaan regresi hubungan antara diameter (d) dan panjang (p) tidak memiliki keeratan korelasi yang terlihat dari kecilnya nilai koefisien determinasi (R^2). Persamaan penduga tabel volume pohon yang terbaik berdasarkan uji validasi model pada IUPHHKA PT. Wapoga Mutiara Timber adalah persamaan $\text{Log } V = - 3.34 + 2.16 \log d$.

SARAN

Persamaan penduga volume pohon yang terpilih dapat digunakan untuk menghitung volume pohon berdiri jenis komersial dalam kegiatan inventarisasi untuk wilayah Kabupaten Sarmi. Papua. Persamaan

yang tersusun dapat digunakan di wilayah lain yang mempunyai karakteristik wilayah dan jenis yang tidak jauh berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Balai Penelitian Kehutanan Manokwari atas biaya penelitian ini. Ucapan yang sama disampaikan kepada semua pihak (PT Wapoga Mutiara Timber) yang telah ikut terlibat dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada *reviewers* yang telah memberikan saran dalam meningkatkan kualitas artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Brandies, T. J., Delaney, M., Parresol, B. R., and Royer, L. (2006). Development of equations for predicting Puerto Rico subtropical dry forest biomass and volume. *Forest Ecology and Management*, 233, 133-142.

Departemen Kehutanan. (2003). Keputusan Menteri Kehutanan No. 163/Kpts-II/2003 tentang Pengelompokan Jenis Kayu Sebagai Dasar Pengenaan Iuran Kehutanan. Departemen Kehutanan. Jakarta.

I Wayan, W. S. (2012). Model dugaan volume dan riap tegakan jati (*Tectona Grandis* L.F) di Nusa Penida, Klungkung Bali. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, (9)3, 165-178.

Isnaini, H. N. (2011). *Pengelompokan jenis dalam penyusunan tabel volume lokal di IUPHHK-HA PT. Mamberamo Alas Mandiri, Provinsi Papua*. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.

- Krisnawati, H. dan Bustomi, S. (2004). Model penduga isi pohon bebas cabang jenis sungkai (*Peronema canescens* Jack.) di KPH Banten. Buletin Penelitian Hutan, 644, 39-50.
- Kuswandi, R., Sadono, R., Supriyatno, N., dan Marsono, D., (2015). Keanekaragaman struktur tegakan hutan alam bekas tebangan berdasarkan biogeografi di Papua. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 22(2), 151-159.
- Menéndez-Miguélez, M., Canga, E., Álvarez-Álvarez, P., and Majada, J. (2014). Stem taper function for sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stands in northwest Spain. Annals of Forest Science, 71(7), 761-770.
- Qirom, M. A. dan Supriyadi. (2012). Penyusunan model penduga volume pohon jenis jelutung rawa (*Dyera Polyphylla* (Miq) V. Steenis). Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 9(3), 141-153.
- Qirom, M. A. dan Supriyadi. (2013). Model penduga volume pohon nyawai (*Ficus variegata* Blume) di Kalimantan Timur. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 10(4), 173-184.
- Subedi, M. R., and Sharma, R. P. (2012). Allometric biomass models for Bark of *Cinnamomum tamala* in Mid-Hill of Nepal. Biomass and Bioenergy, 47, 44-49.
- Susila, I. W. W. (2012). Model dugaan volume dan riap tegakan jati (*Tectona Grandis* L.F) di Nusa Penida, Klungkung Bali. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 9(3), 165-178.
- Suchomel, C., Pyttel, P., Becker, G., and Bauhus, J. (2012). Biomass equations for sessile oak (*quercus petraea* (matt.) Liebl.) and hornbeam (*carpinus betulus* l.) in aged coppiced forests in southwest germany. biomass and bioenergy, 46, 722-730.
- Sumadi, A. dan Siahaan, H. (2010). Model penduga volume pohon kayu bawang (*Disoxylum molliscimum* burm f.) di Provinsi Bengkulu. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 7(5), 227-231.
- Sumadi, A., Nugroho, A. W., dan Rahman, T. (2010). model penduga volume pohon pulai gading di Kabupaten Musi Rawas - Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 7(2), 107-112.
- Uzoh, F. C. C. and Oliver, W.W. (2008). Individual tree diameter increment model for managed even-aged stands of ponderosa pine throughout the western united states using a multilevel linear mixed effects model. forest ecology and management, 256, 438 - 445.
- Ver Planck, N. R., and macfarlane, D. W. (2014). Modelling vertical allocation of tree stem and branch volume for hardwoods. Forestry, 87(3), 459-469.
- Zewdie, M., Olsson, M., and Verwijst, T. (2009). Aboveground biomass production and allometric relations of *eucalyptus globulus* labill. coppiceplantations along a chronosequence in the central highlands of ethiopia. Biomass and Bioenergy, 33,421 - 428.