



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

MODEL PENDUGA PEUBAH TEGAKAN PINUS PADA AREAL REHABILITASI TOSO DI HUTAN PENDIDIKAN GUNUNG WALAT

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

FADEL IBNU PERDANA



Bogor Agricultural

**DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural I

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Model Penduga Peubah Tegakan Pinus pada Areal Rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2017

Fadel Ibnu Perdana
NIM E14130110

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Kata Kunci (Keywords)

Eggor Agricultural

ABSTRAK

FADEL IBNU PERDANA. Model Penduga Peubah Tegakan Pinus pada Areal Rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi. Dibimbing oleh TATANG TIRYANA.

Sejak tahun 2009, Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) bekerjasama dengan TOSO Company untuk melakukan rehabilitasi pada areal seluas 17.7 ha dengan tujuan untuk meningkatkan cadangan karbon. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman rehabilitasi TOSO perlu dipantau dan dievaluasi dengan menggunakan model-model penduga peubah tegakan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model penduga peubah tegakan *Pinus merkusii* yaitu diameter, tinggi, luas bidang dasar, kerapatan, dan biomassa tegakan pada areal rehabilitasi TOSO. Data peubah tegakan diperoleh dari pengukuran 43 plot contoh yang disebar secara sistematis pada berbagai umur tegakan. Data peubah tegakan dianalisis menggunakan model-model regresi linier dan non-linier. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan nilai RMSE. Model-model terpilih untuk menduga peubah diameter, tinggi, luas bidang dasar, kerapatan, dan biomassa tegakan berturut-turut adalah $D = 0.567 A^{1.457}$, $H = 1.804 A^{0.413} D^{0.503}$, $G = 0.002 D^{1.976} N^{1.038}$, $N = 223.74 A^{0.392} D^{0.177}$, dan $W = G / (0.404 - 0.009^G)$.

Kata kunci : model penduga, pinus, rehabilitasi

ABSTRACT

FADEL IBNU PERDANA. Prediction Models for Stand Variables of the TOSO's Rehabilitation Area in Gunung Walat Educational Forest. Supervised by TATANG TIRYANA.

Since 2009, Gunung Walat Educational Forest (GWEF) cooperates with TOSO Company to rehabilitate a forest area of 17.7 ha for increasing carbon stocks. The growth and development of TOSO's rehabilitation plants needs to be monitored by using prediction models of stand variables. The objective of this study was to obtain the prediction models for *Pinus merkusii* stand variables, i.e. diameter, height, basal area, density, and biomass of the pine stand in the TOSO's rehabilitation area. Stand variables data were obtained from the measurement of 43 sample plots that were systematically distributed at various stand ages. The stand variables data were analyzed by using linear and non-linear regression models. The best model was chosen based on the determination coefficient (R^2) and RMSE values. The selected models for predicting stand diameter, height, basal area, density, and biomass are $D = 0.567 A^{1.457}$, $H = 1.804 A^{0.413} D^{0.503}$, $G = 0.002 D^{1.976} N^{1.038}$, $N = 223.74 A^{0.392} D^{0.177}$, and $W = G / (0.404 - 0.009^G)$, respectively.

Keywords : pine, prediction model, rehabilitation



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

MODEL PENDUGA PEUBAH TEGAKAN PINUS PADA AREAL REHABILITASI TOSO DI HUTAN PENDIDIKAN GUNUNG WALAT

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

FADEL IBNU PERDANA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kehutanan
pada
Departemen Manajemen Hutan

Bogor Agricultural

**DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Skripsi: Model Penduga Peubah Tegakan Pinus pada Areal Rehabilitasi
TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat
Nama : Fadel Ibnu Perdana
NIM : E14130110

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Disetujui oleh
Dosen Pembimbing

Dr Tatang Tirvana S.Hut, M.Sc
NIP. 19730727 1999031 002

Diketahui oleh
Ketua Departemen



Dr dr Ahmad Budiaman M.Sc, F.Trop
NIP. 19651010 199002 1 001

Tanggal Lulus : 23 OCT 2017

Bogor Agricultural



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2017 ini ialah pemodelan, dengan judul Model Penduga Peubah Tegakan Pinus pada Areal Rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr Tatang Tiryana, SHut MSc selaku pembimbing yang telah memberikan ilmu dan saran dalam menyelesaikan penelitian ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Direktur serta pengelola Hutan Pendidikan Gunung Walat yang telah berkenan memberikan izin serta kebutuhan penelitian kepada penulis untuk melakukan penelitian. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada Bapak Uus, Irene, Nadya, Riadhi, Haris, Raka dan Hafizh yang membantu dalam pengambilan data di lapangan. Penghargaan terbesar diberikan kepada Ayah (Djamhur), Ibu (Eni Arni), Adik (Kemal Hadi) atas segala dukungan, doa, serta kasih sayangnya. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada para sahabat Niken, Zani, Tabah dan teman-teman Manajemen Hutan 50 yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk materil maupun moril sampai terselesainya skripsi ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Oktober 2017

Fadel Ibnu Perdana

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
METODE	2
Lokasi dan Waktu Penelitian	2
Alat dan Objek Penelitian	2
Batasan Penelitian	2
Prosedur Analisis Data	3
HASIL DAN PEMBAHASAN	7
Karakteristik Tegakan	7
Model Diameter Tegakan	9
Model Tinggi Tegakan	10
Model Bidang Dasar Tegakan	11
Model Biomassa Tegakan	11
Model Kerapatan Tegakan	11
SIMPULAN DAN SARAN	13
Simpulan	13
Saran	14
DAFTAR PUSTAKA	14
LAMPIRAN	16
RIWAYAT HIDUP	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

1	Nilai statistik peubah diameter	7
2	Nilai statistik peubah tinggi	7
3	Nilai statistik peubah bidang dasar	8
4	Nilai statistik peubah biomassa	8
5	Model penduga peubah tegakan <i>P.merkusii</i> terbaik dari setiap peubah bebas di Hutan Pendidikan Gunung Walat	9

DAFTAR GAMBAR

1	Peta plot penelitian blok rehabilitasi TOSO HPGW	3
2	Diameter rata-rata tegakan <i>P.merkusii</i>	11
3	Rata-rata kerapatan tegakan <i>P.merkusii</i>	13

DAFTAR LAMPIRAN

1	Nilai statistika peubah tegakan di areal rehabilitasi TOSO tahun 2016 pada setiap stratum	17
2	Model penduga diameter dan tinggi tegakan	17
3	Model penduga bidang dasar tegakan	17
4	Model penduga biomassa	19
5	Model penduga kerapatan	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hutan merupakan paru-paru bumi tempat berbagai satwa hidup, pohon-pohon, dan berbagai sumberdaya alam lainnya yang tak ternilai harganya bagi manusia. Hutan juga merupakan sumberdaya alam yang memberikan manfaat besar bagi kesejahteraan manusia, baik manfaat *tangible* yang dirasakan secara langsung maupun *intangible* yang dirasakan secara tidak langsung. Namun, hutan di Indonesia sudah mengalami tekanan-tekanan sejak tahun 1950, dan lebih meningkat lagi setelah diundangkannya UU PMA dan PMDN pada tahun 1970-an, dimana era dimulainya eksploitasi hutan secara besar-besaran sebagai sumber devisa dalam rangka pembangunan nasional. Tekanan terhadap sumberdaya hutan semakin kencang akhir-akhir ini yang diakibatkan oleh *illegal logging*, *over cutting*, perambahan yang disertai pendudukan lahan hutan serta adanya bencana alam seperti kebakaran hutan dan lain-lain. Dalam hal ini, program-program rehabilitasi hutan diperlukan untuk memulihkan kondisi sumberdaya hutan dan lahan DAS yang rusak, sehingga dapat berfungsi secara optimal dan lestari (Dirjen RLPS 2004).

Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) merupakan salah satu kawasan hutan yang melaksanakan program rehabilitasi hutan melalui kerjasama dengan beberapa perusahaan multinasional, antara lain TOSO Company Ltd. Program rehabilitasi hutan tersebut dilakukan sejak tahun 2009 pada areal seluas 17.7 ha dengan tujuan untuk meningkatkan potensi serapan karbon dioksida (HPGW 2016). Jenis pohon yang ditanam pada areal rehabilitasi TOSO tersebut adalah pinus (*Pinus merkusii*) yang tidak hanya mampu menyerap emisi CO₂ dari atmosfer melainkan juga mampu menghasilkan hasil hutan bukan kayu (berupa getah) yang dapat memberikan manfaat ekonomi bagi HPGW dan masyarakat sekitar.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman rehabilitasi TOSO perlu dipantau dan dievaluasi dari waktu ke waktu. Salah satu alat bantu yang diperlukan untuk mendukung kegiatan monitoring dan evaluasi tanaman rehabilitasi adalah model-model penduga peubah tegakan berdasarkan hasil penelitian. Selama ini penelitian-penelitian pada blok rehabilitasi TOSO lebih fokus kepada penilaian cadangan biomassa dan karbon seperti yang dilakukan Slamet (2014), Dewi (2014) dan Rahmawati (2017). Adapun penelitian mengenai model penduga peubah tegakan pada areal tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya. Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian tentang model penduga peubah tegakan *P. merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model penduga peubah tegakan *P. merkusii*, yaitu diameter, tinggi, bidang dasar tegakan, kerapatan, dan biomassa pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.



Manfaat Penelitian

Model-model penduga peubah tegakan dari hasil penelitian ini dapat digunakan oleh HPGW untuk mengetahui perkembangan peubah tegakan *P. merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Jawa Barat.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada blok rehabilitasi TOSO Company Ltd. di areal HPGW yang secara geografis terletak pada 6°53'35" – 6°55'10"LS dan 106°47'50" – 106°51'30"BT pada ketinggian 420–726 mdpl yang merupakan sebagian pegunungan berderet dari timur ke barat. Topografinya bervariasi dari landai sampai curam. Kondisi iklim di HPGW menurut klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson (1951) termasuk tipe B dengan banyaknya curah hujan tahunan berkisar antara 1 600–4 000 mm dengan suhu udara maksimum siang hari 29°C dan minimum pada malam hari 19°C. HPGW termasuk dalam wilayah Kecamatan Cicantayan dan Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi, Propinsi Jawa Barat. HPGW termasuk wilayah BKPH Cikawung, KPH Sukabumi. Areal rehabilitasi TOSO memiliki luas 17.7 ha dari luas total HPGW 359 ha (HPGW 2016). Tanaman pada areal rehabilitasi TOSO didominasi oleh jenis pinus dan sebagian kecil lainnya agathis. TOSO melakukan kerjasama dengan HPGW sejak tahun 2009 dengan melakukan penanaman 4 000 bibit agathis dan penanaman terus dilakukan setiap tahunnya hingga saat ini (HPGW 2015).

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret hingga Agustus 2017 yang terbagi menjadi pra pengolahan data, pengambilan data dan pengolahan data. Pra pengolahan data dilakukan pada Februari 2017, pengambilan data di lapangan pada bulan Maret 2017 pada areal rehabilitasi HPGW dan pengolahan data pada April – Agustus 2017 di Fakultas Kehutanan IPB.

Alat dan Objek Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam analisis data adalah tambang, patok, label, pita ukur, meteran jahit, GPS (*Global Positioning System*), kompas, alat tulis, kalkulator, parang, tally sheet, dan laptop yang dilengkapi dengan ArcGIS 10.3, Minitab 16, IBM SPSS 24, dan Microsoft Office. Objek yang digunakan dalam penelitian adalah tegakan seumur pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW.

Batasan Penelitian

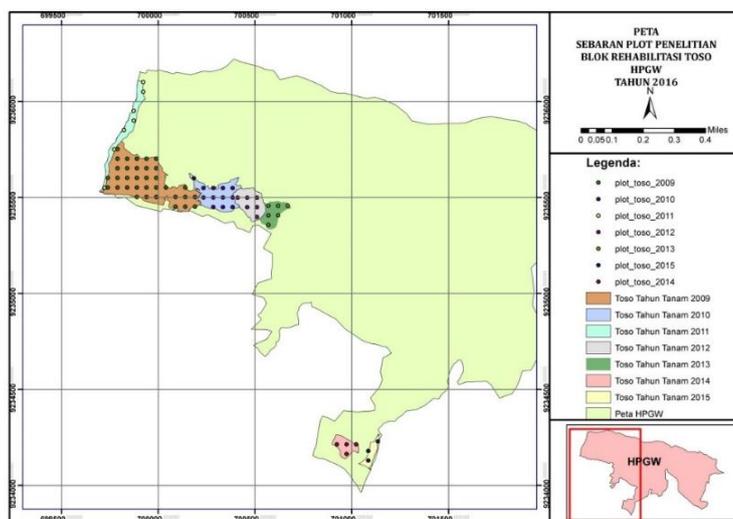
Penelitian ini hanya menduga peubah diameter, tinggi, lbs, kerapatan, dan biomassa tegakan dengan menggunakan data tanaman *P. merkusii* pada blok rehabilitasi TOSO tahun tanam 2009 sampai dengan 2015 di HPGW. Biomassa tegakan dalam penelitian ini adalah biomassa bagian atas pohon (batang, cabang, ranting, dan daun), tidak termasuk tumbuhan bawah.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Prosedur Analisis Data

Rancangan Sampling

Tahap awal sebelum melakukan pengambilan data di lapangan adalah membuat rancangan *sampling* pada peta blok TOSO dengan menerapkan metode *stratified systematic plot sampling with random start* berdasarkan penelitian Rahmawati (2017). Stratifikasi pada blok dilakukan berdasarkan tahun tanam, yaitu 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, dan 2015. Plot contoh yang digunakan adalah plot lingkaran dengan jari-jari 11.28 meter atau luasan 0.04 ha dengan *intensitas sampling* yang digunakan adalah 16%, sehingga total plot contoh berjumlah 70 plot yang ditempatkan secara sistematis dengan jarak/interval antar plot sejauh 50 meter (Gambar 1).



Gambar 1 Peta plot penelitian blok rehabilitasi TOSO HPGW

Pengukuran di Lapangan

Sesuai peta rancangan *sampling*, koordinat tiap plot contoh ditelusuri dengan menggunakan GPS. Pada tiap plot contoh selanjutnya dilakukan pengukuran diameter, tinggi pohon dan pelabelan nomor pohon. Diameter pohon dengan tinggi lebih dari 1.5 m diukur pada ketinggian Dbh (*diameter at breast height*) 1.3 m di atas permukaan tanah dan pada ketinggian 20 cm di atas permukaan tanah untuk pohon dengan tinggi < 1.5m (Tiryana dan Muhdin 2012) dengan menggunakan meteran jahit. Pengukuran tinggi total pohon untuk pohon dengan ketinggian > 5 m diukur dengan menggunakan *haga hypsometer* dan kayu sepanjang 5 m yang diberi tanda mistar untuk pohon dengan ketinggian <5 m. Selain itu, dilakukan juga pengamatan kondisi tegakan serta pengumpulan data penunjang seperti data penelitian sebelumnya berupa data umur (tahun), kerapatan tegakan per hektar (N/ha), diameter rata-rata (cm), tinggi rata-rata (m), dan volume per hektar (m³/ha).

Pengolahan Data

Penelitian ini terdiri atas data peubah-peubah pertumbuhan yaitu data dari peubah tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO. Data peubah pertumbuhan yang digunakan merupakan data dari setiap plot, yang meliputi : Dbh rata-rata (cm), tinggi rata-rata (m), lbds (m²/ha), volume (m³/ha), dan biomassa (ton/ha) , digunakan juga data penunjang lain seperti kerapatan tegakan (N/ha) dan umur tegakan (tahun).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agrikultural

Adapun tata cara perhitungan peubah pohon dan tegakan adalah sebagai berikut :

1. Luas Bidang Dasar (lbds)

Luas bidang dasar per hektar merupakan penampang melintang dari diameter batang setinggi dada (1.3 m dari permukaan tanah) (Sahid 2009). Besarnya luas bidang dasar individu (lbd) pohon dihitung dengan rumus :

$$g = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (1)$$

Keterangan :

- g = luas bidang dasar individu pohon (m²)
- π = konstanta (3.14)
- d = diameter pohon (1.3 m dari permukaan tanah)

Hardjosoediro (1974) menjelaskan bahwa lbds merupakan hasil dari penjumlahan lbd tiap individu pohon dalam suatu luasan hutan. Perhitungan lbds dapat digunakan sebagai nilai kerapatan hutan, dengan demikian didapat rumus sebagai berikut :

$$G = (\sum_{i=1}^n gi)/a \quad (2)$$

Keterangan :

- G = luas bidang dasar tegakan Pinus merkusii (m²/ha)
- gi = luas bidang dasar pohon ke-i
- π = konstanta (3.14)
- a = luas plot contoh (0.04 ha)

2. Volume

Volume pohon ditentukan oleh pendugaan dari tinggi dan diameternya. Volume yang digunakan merupakan volume rata-rata dari setiap plotnya. Besarnya volume diukur menggunakan rumus :

$$v = \frac{1}{4} \pi d^2 t f \quad (3)$$

Keterangan :

- v = volume pohon (m³)
- π = konstanta (3.14)
- d = diameter pohon (1.3 meter dari permukaan tanah)
- t = tinggi total pohon
- f = angka bentuk pohon

Faktor bentuk (f) merupakan faktor koreksi, yang dihitung dari perbandingan antara volume batang sebenarnya dengan volume silinder pada diameter dan tinggi yang sama. Apabila informasi angka bentuk untuk spesifik jenis yang diduga tidak tersedia, nilai angka bentuk umum 0.6 dapat digunakan (Krisnawati dan Harbagung 1996).

Volume yang digunakan merupakan volume tegakan yang dihitung berdasarkan rata-rata dari setiap plotnya. Perhitungan volume tegakan dihitung menggunakan rumus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$V = (\sum_i^n v_i) / a \quad (4)$$

Keterangan :

V = volume tegakan (m³/ha)
 v_i = volume pohon ke-i
 a = luas plot contoh (0.04 ha)

3. Perhitungan Biomassa

Biomassa pohon dihitung berdasarkan diameter setiap individu pohon dengan menggunakan metode alometrik dan metode konversi volume dan BEF, yaitu sebagai berikut :

a. Metode Alometrik

Pendugaan biomassa menggunakan model alometrik dihitung berdasarkan ukuran Dbh (cm) <10cm, dengan model alometrik sebagai berikut (Handayani 2013):

$$Pinus merkusii : W = 0.1074 D^{2.3229} \quad (5)$$

b. Metode Konversi Volume dan BEF (*biomass expansion factor*)

Pendugaan biomassa menggunakan metode ini, dihitung berdasarkan data volume pohon apabila ukuran Dbh (cm) >10cm dengan rumus sebagai berikut :

$$W = v \cdot WD \cdot BEF \quad (6)$$

Keterangan :

W = biomassa pohon di atas permukaan tanah (kg)
 v = volume pohon (m³)
 WD = kerapatan kayu (kg m⁻³)
 BEF = 1.3 (IPCC 2003)

Biomassa yang digunakan merupakan biomassa tegakan yang dihitung berdasarkan rata-rata dari setiap plotnya. Perhitungan biomassa tegakan dihitung menggunakan rumus:

$$W = (\sum_i^n W_i) / a \quad (7)$$

Keterangan:

W = biomassa tagakan
 W_i = biomassa ke-i
 a = luas plot contoh (0.04 ha)

Analisis Data

1. Eksplorasi Data

Eksplorasi data dilakukan untuk melihat karakteristik antar variabel. Setiap variabel yang memiliki hubungan kuat divisualisasikan kedalam bentuk *scatterplot* untuk melihat kecenderungan kurva antar variabel. Hasil dari *scatterplot* dapat digunakan untuk menentukan model yang akan diuji.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Penyusunan Model Penduga

Beberapa model persamaan regresi untuk menduga peubah tegakan antara lain:

M1: $Y = a + bX$	1
M2: $Y = aX^b$	2
M3: $Y = a(\exp(bX))$	3
M4: $Y = \exp(a + bX)$	4
M5: $Y = X / (a + bX)$	5
M6: $Y = a(\exp(b/X))$	6
M7: $Y = a + b \ln(X)$	7
M8: $Y = a(1 - \exp(-X / b))$	8
M9: $Y = a + bX_1 + cX_2$	9
M10: $Y = aX_1^bX_2^c$	10

Berdasarkan model diatas, peubah Y adalah diameter, tinggi, bidang dasar tegakan, kerapatan tegakan, dan biomassa, sedangkan peubah X adalah umur, diameter, tinggi, jumlah pohon, dan bidang dasar tegakan.

3. Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan menentukan koefisien determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) menggunakan perangkat lunak *Minitab 16* dan *IBM SPSS 24*. Koefisien-koefisien yang diuji akan menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan model.

Koefisien determinasi menjelaskan besarnya keragaman peubah tak bebas yang dapat dijelaskan oleh peubah bebas melalui suatu model regresi (Santosa 2005). Koefisien determinasi dihitung menggunakan persamaan (Draper dan Smith 1992):

$$R^2 = \frac{JKR_{(n-p)}}{JKT_{(n-1)}} \times 100\% \quad (8)$$

Ketepatan/kecermatan dapat diartikan “kedekatan” dengan sesuatu yang ingin dicapai atau berkaitan dengan keberhasilan penaksiran dengan nilai sebenarnya (Simon 2007). Ketepatan model ditunjukkan oleh besarnya nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE dihitung menggunakan rumus :

$$MSE = \sum(y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - p) \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (10)$$

Keterangan :

- MSE = kuadrat tengah sisa
- RMSE = akar kuadrat tengah sisa
- y_i = peubah ke-i
- \bar{y}_i = rata-rata peubah ke-i
- n = jumlah plot contoh
- p = banyaknya parameter yang digunakan

4. Pemilihan Model

Pemilihan model terbaik bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai prioritas pilihan model peubah tegakan dengan peubah bebasnya. Penentuan prioritas pilihan model dapat dilakukan dengan melihat faktor ketelitian saja, kepraktisan saja, atau ketelitian dan kepraktisan.

Model terbaik merupakan model yang memberikan kesalahan pendugaan terkecil yang mempengaruhi ketelitian, peubah bebas dapat menjelaskan peubah tidak bebasnya, serta memiliki koefisien determinasi (R^2) yang paling tinggi dan nilai RMSE yang paling rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tegakan

Pengamatan karakteristik tegakan hutan seumur jenis pinus (*Pinus merkusii*) pada areal rehabilitasi TOSO dilakukan pada total 70 plot (dengan luas setiap plot 0.04 ha) dan data yang diamati berupa diameter, tinggi, luas bidang dasar, kerapatan dan biomassa tegakan. Jumlah plot yang digunakan untuk analisis sebanyak 43 plot, lebih sedikit dibandingkan dengan yang diamati dilapangan. Hal ini dikarenakan sebanyak 24 plot merupakan plot dengan tanaman jenis agathis pada tahun tanam 2009 dan sebanyak 3 plot tidak ditemukannya tegakan pada saat pengambilan data.

Tabel 1–4 menyajikan nilai-nilai statistik peubah tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW.

Tabel 1 Nilai statistik peubah diameter

Umur (tahun)	Statistika				
	Rata-rata (cm)	Minimal (cm)	Maksimal (cm)	Simpangan Baku	CV (%)
2	3.15	1.21	5.83	1.27	40.32
3	3.45	0.32	7.13	1.44	41.74
4	4.77	0.76	9.14	1.85	38.78
5	4.97	0.99	9.39	1.99	40.04
6	8.07	1.69	16.78	3.78	46.84
7	9.92	1.56	19.01	4.28	43.15

Tabel 2 Nilai statistik peubah tinggi

Umur (tahun)	Statistika				
	Rata-rata (m)	Minimal (m)	Maksimal (m)	Simpangan Baku	CV (%)
2	2.95	1.9	4.5	0.66	22.37
3	3.27	0.7	4.3	0.7	21.41
4	4.47	1.8	6.9	1.36	30.43
5	4.55	1.4	7.9	1.38	30.33
6	6.32	1.3	11.5	2.28	36.08
7	7.86	2.0	14.1	2.36	30.03

Tabel 3 Nilai statistik peubah bidang dasar

Umur (tahun)	Statistika				
	Rata-rata (m ² /ha)	Minimal (m ² /ha)	Maksimal (m ² /ha)	Simpangan Baku	CV (%)
2	0.73	0.12	1.55	0.02	2.76
3	0.39	0.12	1.08	0.02	5.07
4	1.12	0.72	1.69	0.03	2.67
5	1.68	0.12	3.79	0.03	1.79
6	4.07	0.89	8.36	0.13	3.19
7	6.62	1.35	11.36	0.17	2.57

Tabel 4 Nilai statistik peubah biomassa

Umur (tahun)	Statistika				
	Rata-rata (ton/ha)	Minimal (ton/ha)	Maksimal (ton/ha)	Simpangan Baku	CV (%)
2	1.58	0.21	3.54	0.04	2.54
3	0.86	0.22	2.50	0.05	5.82
4	2.74	1.65	4.20	0.09	3.28
5	4.10	0.21	9.27	0.10	2.44
6	11.50	2.21	23.53	0.40	3.48
7	20.60	3.24	40.42	0.62	3.01

Hasil dari nilai statistik (Tabel 1–4) berupa nilai rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, simpangan baku, dan koefisien variasi (CV) pada peubah tegakan dibagi kedalam 6 kelas yang dilakukan pada setiap umur tegakan, yaitu umur 2 tahun hingga 7 tahun sesuai dengan umur tegakan pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW. Secara umum nilai-nilai peubah tegakan pada berbagai kelas umur di areal rehabilitasi cenderung meningkat jika dibandingkan dengan penelitian Rahmawati (2017) pada Lampiran 1 seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Umur tanaman yang semakin tua akan memiliki rata-rata diameter dan tinggi yang lebih besar. Semakin besar diameter dan tinggi pohon maka biomassa pohon juga semakin besar.

Model Diameter Tegakan

Hasil dari pemilihan model, diperoleh model-model penduga peubah tegakan terbaik seperti disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil dari uji statistik yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa model penduga diameter tegakan memiliki koefisien determinasi (R^2) yang berbeda-beda seperti pada Lampiran 2. Nilai R^2 pada model penduga diameter dengan peubah bebas umur sebesar 55.1% pada model M1 dan 57.9% pada model M2. Hal ini menunjukkan bahwa kedua model dengan peubah bebas umur dianggap kurang baik dan belum cukup menjelaskan pertumbuhan diameter tegakan yang cenderung beragam pada umur tanaman yang masih relatif muda dalam proses pertumbuhannya. Penelitian Siregar (2008) menunjukkan bahwa model penduga peubah diameter menggunakan peubah bebas umur dan kerapatan dengan penjarangan menunjukkan nilai R^2 yang lebih besar. Namun pada penelitian ini, penambahan peubah bebas kerapatan tidak terjadi perubahan yang signifikan karena tidak adanya penjarangan pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW.

Tabel 5 Model-model penduga peubah tegakan *P.merkusii* terbaik dari setiap peubah bebas untuk tanaman rehabilitasi TOSO di HPGW

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)	
Penduga D						
A	M2	a	0.567	0.23	2.08	57.9
		b	1.457	0.23		
Penduga H						
A	M2	a	0.819	0.21	1.12	68.5
		b	1.137	0.14		
D	M8	a	11.82	1.33	0.74	86.3
		b	9.908	1.69		
AD	M10	a	1.804	0.14	0.65	89.6
		b	0.413	0.11		
		c	0.503	0.06		
Penduga N						
A	M1	a	205.35	91.60	146.67	32.6
		b	72.43	16.88		
D	M2	a	320.52	53.714	148.9	30.6
		b	0.335	0.085		
AD	M10	a	223.74	59.28	144.33	36.5
		b	0.392	0.214		
		c	0.177	0.116		
Penduga G						
A	M2	a	0.005	0.01	2.18	53.1
		b	3.669	0.8		
D	M2	a	0.061	0.03	1.28	83.8
		b	1.989	0.18		
	M6	a	34.101	5.95	1.28	83.8
		b	-16.6	1.74		
H	M2	a	0.024	0.02	1.57	75.7
		b	2.694	0.34		
AD	M10	a	0.023	0.02	1.25	85.0
		b	0.85	0.51		
		c	1.714	0.24		
AH	M10	a	0.015	0.02	1.58	76.1
		b	0.494	0.7		
		c	2.484	0.47		
DH	M10	a	0.025	0.01	1.18	86.5
		b	1.43	0.27		
		c	1.076	0.39		
DN	M10	a	0.002	0	0.4	98.5
		b	1.976	0.06		
		c	1.038	0.06		
HN	M10	a	0.003	0	1.33	83.1
		b	2.332	0.26		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

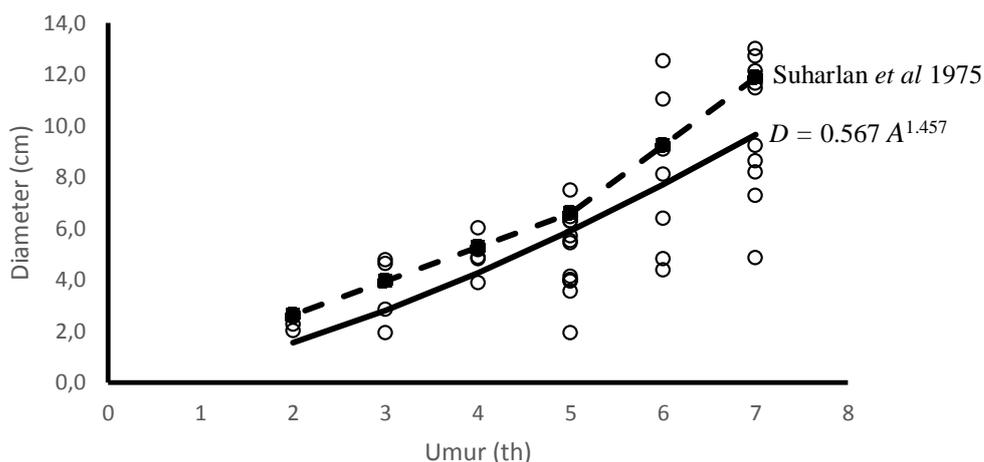
Tabel 5 (lanjutan)

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)	
Penduga W	M2	c	0.81	0.21		
		a	0.004	0.01	7.15	52.6
D	M6	b	4.307	1.01		
		a	130.64	29.2	4.5	81.2
H	M3	b	-19.06	2.31		
		a	0.457	0.19	4.81	78.6
G	M4	b	0.47	0.05		
		a	-0.791	0.41	4.81	78.6
AD	M5	a	0.409	0.01	0.99	99.1
		b	-0.009	0		
AH	M10	a	0.023	0.02	4.35	82.9
		b	1.285	0.65		
		c	1.849	0.29		
AN	M10	a	0.007	0.01	4.82	79.0
		b	0.724	0.79		
		c	3.14	0.51		
AG	M10	a	0	0	5.83	69.2
		b	4.125	0.79		
		c	1.398	0.34		
DH	M10	a	1.504	0.37	1.01	99.1
		b	0.245	0.15		
		c	1.119	0.04		
	M10	a	1.504	0.01	3.77	87.1
		b	0.245	0.29		
		c	1.119	0.44		

Berdasarkan kriteria uji statistik nilai RMSE, model penduga diameter dengan peubah bebas umur menunjukkan RMSE terendah pada model M2 yaitu sebesar 2.08 m. Melihat dari uji kriteria R² dan RMSE, dalam penelitian ini model terbaik untuk menduga diameter adalah model M2 dengan peubah bebas umur.

Rata-rata diameter *P.merkusii* pada umur 2-7 tahun di areal TOSO menunjukkan nilai yang lebih kecil sekitar 1-3 cm (Gambar 2) jika dibandingkan tabel tegakan Suharlan *et al* (1975) yang ditunjukkan pada bonita 3. Ketidaknormalan tersebut dapat dikarenakan perbedaan tindakan silvikultur seperti penjarangan dan kualitas tempat tumbuh tanaman areal TOSO yang menyebabkan pertumbuhan pohon tidak normal.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 2 Perbandingan rata-rata diameter tegakan *P.merkusii*

Model Tinggi Tegakan

Nilai R^2 tertinggi pada model penduga tinggi tegakan sebesar 89.6% dengan peubah umur dan diameter pada model M10, yang menunjukkan bahwa penambahan peubah bebas umur berpengaruh signifikan terhadap keterandalan suatu model. Hasil tersebut memiliki arti bahwa peubah bebas umur dan diameter dapat menerangkan keragaman tinggi tegakan sebesar 89.6%, sedangkan sisanya sebesar 10.4% disebabkan oleh faktor-faktor lain yang tidak tercakup dalam model. Hal ini disebabkan oleh banyaknya variasi yang mempengaruhi pertumbuhan seperti kerapatan tegakan, sifat genetik, suhu, curah hujan, cahaya, kandungan hara mineral, kelembapan udara, komposisi kimia tanah, dan kandungan organisme dalam tanah (Bruce dan Schumacher 1950), sedangkan dalam model yang diuji hanya digunakan peubah umur dan diameter.

Berdasarkan uji statistika RMSE, RMSE terendah ditunjukkan pada model M10 dengan peubah bebas umur dan diameter sebesar 0.65 m, sedangkan nilai RMSE tertinggi yaitu pada peubah bebas umur sebesar 2.12 m dan 2.06 m. Melihat uji kriteria R^2 dan RMSE, model terbaik pada penduga tinggi tegakan adalah model M2 dengan peubah umur dan diameter. Terdapat alternatif model yang dapat digunakan untuk menduga tinggi tegakan dalam keadaan tertentu. Berdasarkan Tabel 5, model M8 dengan peubah bebas diameter memiliki selisih nilai R^2 dan RMSE berturut-turut hanya sebesar 3.3% dan 0.09 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa dari segi kepraktisan model tersebut dapat digunakan untuk menduga tinggi tegakan dengan akurasi yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan model terbaik.

Model Bidang Dasar Tegakan

Model penduga peubah bidang dasar tegakan (G) yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi adalah model model M10 dengan peubah bebas diameter dan jumlah pohon (N) yaitu sebesar 98.5% yang berarti bahwa model dengan peubah bebas ini dapat menjelaskan keragaman dari peubah tak bebasnya sebesar 98.5%. namun sisanya sebesar 1.5% disebabkan oleh faktor-faktor lain yang tidak tercakup dalam model. Berbeda dengan penelitian Suhendang (1990),

pendugaan model bidang dasar tegakan menggunakan peubah bebas keadaan tegakan, keadaan tempat tumbuh dan tindakan penjarangan secara sekaligus dan memiliki nilai R^2 yang cukup besar sehingga model terpilih dapat digunakan pada lahan yang sudah ada maupun yang belum ada (akan ditanam).

Model penduga G pada model M10 dengan peubah bebas dbh dan N memiliki nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0.4 m²/ha, sedangkan untuk nilai RMSE terbesar terdapat pada model linear M1 dengan peubah bebas umur. Hal ini dapat dikarenakan umur tegakan yang masih muda sehingga *error* yang dihasilkan cukup besar. Dilihat dari uji kriteria R^2 dan RMSE didapatkan model terbaik pada model penduga bidang dasar yaitu model M10 dengan peubah bebas dbh dan N. Melihat dari segi kepraktisan sebuah model, terdapat model alternatif untuk menduga luas bidang dasar tegakan. Model M2 dan M6 dengan peubah bebas diameter merupakan model yang lebih praktis digunakan dalam menduga luas bidang dasar tegakan, dengan nilai R^2 dan RMSE yang sama besar yaitu berturut-turut 83.9% dan 0.28 m²/ha. Selisih nilai R^2 antara model alternatif dan model terbaik memang terpaut jauh, karena peubah bebas jumlah pohon merupakan peubah yang berpengaruh dalam menentukan luas bidang dasar tegakan. Namun model ini dapat digunakan sebagai alternatif walaupun dengan akurasi yang lebih rendah dibandingkan model terbaik.

Model Biomassa Tegakan

Menurut Darsidi (1983), pertumbuhan *P.merkusii* yang baik pada tiap iklim B menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, dan curah hujan rata-rata 1 500 mm/tahun serta kisaran suhu yang baik antara 17°C sampai 30°C. Martawijaya *et al* (1989) juga menyebutkan bahwa pertumbuhan optimum dicapai pada ketinggian diatas 400 mdpl. Kondisi lahan di HPGW sangat mendukung untuk pertumbuhan pinus, sehingga tumbuhan pinus di areal tersebut memiliki laju pertumbuhan yang tergolong cepat.

Model penduga biomassa di HPGW memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang berbeda-beda dari setiap peubah bebasnya. Model yang memiliki nilai R^2 tertinggi adalah model M5 dengan peubah bebas G dan model M2 dengan peubah bebas G dengan ditambahkan peubah bebas umur yaitu sebesar 99.1%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan peubah bebas umur tidak berpengaruh signifikan.

Berdasarkan kriteria uji statistik nilai RMSE pada model penduga biomassa, model yang memiliki nilai RMSE terendah adalah model M5 dengan peubah bebas G yaitu sebesar 0.99 ton/ha, sedangkan nilai RMSE pada model M2 dengan penambahan peubah bebas umur memiliki nilai RMSE yang lebih tinggi yaitu sebesar 1.01 ton/ha, hal ini menunjukkan bahwa penambahan peubah bebas umur menyebabkan *error* bertambah. Dilihat dari uji R^2 dan RMSE didapatkan model terbaik untuk menduga biomassa yaitu model M5 dengan peubah bebas G pada tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW.

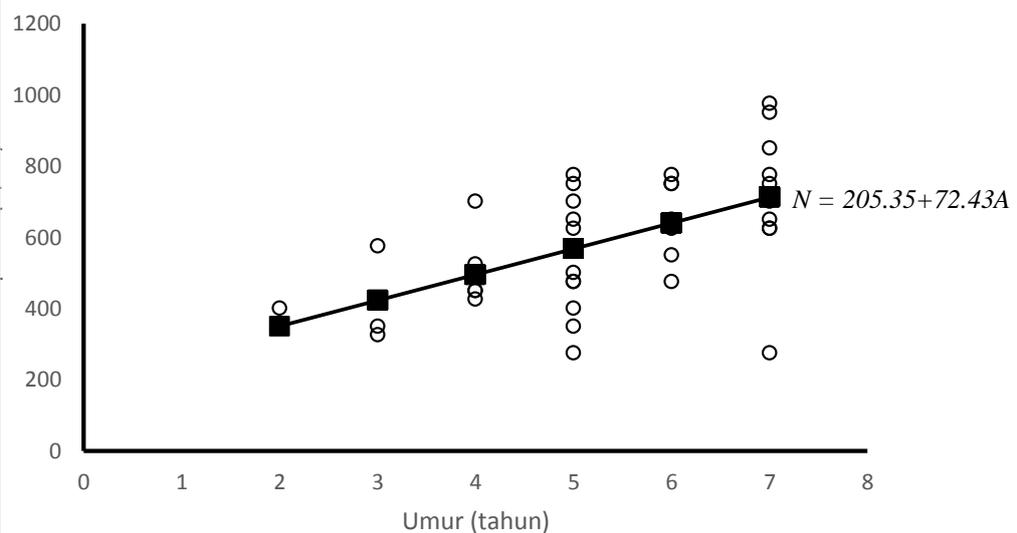
Berdasarkan penentuan model dari segi kepraktisan, model M6 dengan peubah bebas diameter dapat digunakan untuk menduga biomassa. Nilai R^2 pada model alternatif memiliki nilai >80% yang menunjukkan bahwa hanya sebesar <20% yang tidak dapat dijelaskan oleh peubah bebas diameter. Model ini jauh lebih praktis digunakan karena hanya dibutuhkan data diameter saja tanpa harus dikonversi menjadi G, namun akurasi yang dihasilkan cukup jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan model terbaik.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Model Kerapatan Tegakan

Model penduga peubah kerapatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa model M1 dengan peubah bebas umur memiliki nilai RMSE dan R^2 berturut-turut adalah 146.67 ton/ha dan 32.6%, sedangkan pada model M10 memiliki nilai R^2 dan nilai RMSE berturut-turut adalah 36.5 % dan 144.33 N/ha dengan peubah bebas umur dan diameter. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan peubah bebas diameter berpengaruh terhadap pendugaan kerapatan di HPGW. Berdasarkan nilai tersebut, model M10 dengan peubah bebas umur dan diameter merupakan model terbaik dalam menduga kerapatan dan model M1 dengan peubah bebas umur dapat digunakan sebagai model alternatif dengan tingkat akurasi yang lebih rendah.

Kerapatan rata-rata di areal rehabilitasi HPGW (Gambar 3) menunjukkan bahwa pola pertumbuhan kerapatan di HPGW tidak mengikuti pola umum di hutan tanaman yang cenderung menurun seiring umur tanaman. Hal ini dapat disebabkan banyaknya kematian tanaman pada usia muda dan di HPGW tidak dibolehkan adanya penebangan sehingga tidak ada penjarangan pada areal rehabilitasi TOSO. Perbedaan jarak tanam pada setiap umur tegakan juga dapat menjadi penyebab *error* yang dihasilkan cukup besar.



Gambar 3 Rata-rata kerapatan tegakan *P.merkusii*

SIMPULAN

Model penduga diameter tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat adalah $D = 0.567 A^{1.457}$ dengan nilai R^2 sebesar 57.9% dan RMSE sebesar 2.08. Model penduga tinggi tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat adalah $H = 1.804 A^{0.413} D^{0.503}$ dengan nilai R^2 sebesar 89.6% dan nilai RMSE sebesar 0.65. Model penduga lbd tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat adalah $G = 0.002 D^{1.976} N^{1.038}$ dengan nilai R^2 sebesar 98.5% dan nilai RMSE sebesar 0.4. Model penduga biomassa tegakan *P.merkusii* pada areal rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat adalah $W = G / (0.409 - 0.009G)$ dengan nilai R^2

sebesar 99.1% dan nilai RMSE sebesar 0.99 dan model untuk menduga kerapatan terbaik adalah $N = 223.74 A^{0.392} D^{0.177}$.

SARAN

Model penduga peubah tegakan dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alat bantu sementara untuk memantau pertumbuhan dan hasil tegakan pada areal rehabilitasi TOSO di HPGW. Penelitian selanjutnya, perlu dilakukan untuk menyusun model-model penduga peubah tegakan yang lebih akurat dengan mempertimbangkan kualitas tempat tumbuh dan berdasarkan data pengamatan pada plot-plot ukur permanen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce D & Schumacher F X. 1950. *Forest Mensuration*. New York (US): Mc Graw Hill Book Company Inc.
- Darsidi A. 1983. Penyebaran dan Potensi Kayu Pinus di Luar Jawa, dalam Simpo Pinus '83 (Simposium Pengusahaan Hutan Pinus) Proceeding. Jakarta (ID): Pusat Penelitian Hasil Hutan.
- Dewi F A. 2015. Pendugaan serapan karbon dioksida pada areal penanaman kerjasama TOSO Company ltd. dengan Hutan Pendidikan Gunung Walat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Draper. N. R. Smith. H. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dirjen RLPS. 2004. Arahan Dirjen RLPS tentang Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GERHAN). Bahan presentasi pada rapat konsolidasi pembangunan hutan di Cipanas, Bogor, tanggal 26 Mei 2004.
- Handayani M. 2013. Model alometrik biomassa pinus (*Pinus merkusii* jungh et de vriese) berdiameter kecil di Hutan Pendidikan Gunung Walat. Sukabumi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hardjosoediro S. 1974. *Kelas Hutan*. Yogyakarta (ID): Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- [HPGW] Hutan Pendidikan Gunung Walat. 2015. Rehabilitasi Lahan Hutan Pendidikan Gunung Walat untuk Peningkatan Serapan Karbon. Laporan Kegiatan Tahun I Periode Kerjasama Tahun 2015–2019. Sukabumi (ID): Hutan Pendidikan Gunung Walat.
- [HPGW] Hutan Pendidikan Gunung Walat. 2016. Gunung Walat University Forest. Faculty of Forestry Bogor Agricultural University [Internet] [diacu 2016 November 2]. Tersedia dari: <http://www.gunungwalat.net/about-us/kondisi-umum/>.
- INTAG. 2000. Data Luas Indikasi Rehabilitasi dan Reboisasi Hutan. www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/RRH/Rrh25.htm
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Penman J. Gytarsky M. Hiraishi T. Krug T. Kruger D. Pipatti R. Buenda L. Miwa K. Ngara T. Tanabe K. Wagner F. editor. Hayama (JP): The Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

- Krisnawati H dan Harbagung. 1996. Kajian angka bentuk batang untuk pendugaan volume jenis-jenis hutan alam. *Prosiding Diskusi Hasil-Hasil Penelitian dalam Menunjang Pemanfaatan Hutan yang Lestari*; 1996 Maret 11-12: Cisarua, Bogor. Hal 177-191.
- Martawijaya A, Kartasujana IK, Kadir, Among P. 1989. *Atlas Kayu Indonesia (Jilid II)*. Bogor (ID): Balai Penelitian Hutan.
- Rahmawati Z W. 2017. Pendugaan cadangan karbon pada tegakan rehabilitasi TOSO di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sahid. 2009. Penafsiran Luas Bidang Dasar Tegakan *Pinus Merkusii* Menggunakan Foto Udara di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Kedu Perum Perhutani Unit 1 Jawa Tengah. *Forum Geografi* 23(2): 112-122.
- Santosa. 2005. *Analisis Statistik dengan Microsoft Excel dan SPSS*. Yogyakarta (ID): Andi Yogyakarta.
- Simon H. 2007. *Metode Inventore Hutan*. Yogyakarta (ID): Aditya Media.
- Siregar G N. 2008. Penyusunan tabel tegakan hutan tanaman akasia (*Acacia crassicarpa* A. CUNN. EX BENTH) studi kasus areal rawa gambut hutan tanaman PT. Wirakarya Sakti [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Slamet A. 2014. Pendugaan serapan karbon dioksida di areal rehabilitasi Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suarlan A, Sumarna K, dan Sudiono J. 1975. *Tabel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri*. Bogor (ID) : Litbang Kehutanan.
- Suendang E. 1990. Hubungan antara dimensi tegakan hutan tanaman dengan faktor tempat tumbuh dan tundakan silvikultur pada hutan tanaman *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese di Pulau Jawa [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tiyana T. Muhdin. 2012. *Teknik Pendugaan Potensi Serapan Karbon Dioksida (CO₂) pada Areal Revegetasi*. Bogor (ID): Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Wahyudi. 2011. *Kebangkitan Kehutanan Indonesia*. Bogor (ID): Isana Press.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran

Lampiran 1 Nilai statistika peubah tegakan di areal rehabilitasi TOSO tahun 2016 pada setiap stratum Rahmawati 2017)

Tahun tanam	Luas (ha)	Kerapatan (pohon/ha)	Rata-rata tinggi (m)	Rata-rata diameter (cm)	Rata-rata volume (m ³ /ha)	Total biomassa (ton)
2009	8.5	413	4.22	3.95	1.93	11.90
2010	2.8	675	7.08	8.11	21.10	35.20
2011	1.7	532	5.76	6.62	7.75	8.89
2012	1.5	521	3.96	4.19	2.40	3.00
2013	1.5	500	3.63	3.00	1.31	1.50
2014	0.9	425	2.33	1.41	0.10	0.10
2015	0.8	658	0.96	1.14	0.04	0.08

Lampiran 2 Model penduga diameter dan tinggi tegakan

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)
Penduga D A	M1	a	-1.710	1.15	55.1
		b	1.575	0.21	
	M2	a	0.567	0.23	2.08
		b	1.457	0.23	
Penduga H A D A.D	M1	a	-0.214	0.61	1.13
		b	1.079	0.11	
	M2	a	0.819	0.20	1.12
		b	1.137	0.13	
	M7	a	1.659	0.26	0.78
		b	0.575	0.03	
	M8	a	1.155	0.14	0.75
		b	0.679	0.04	
M9	M7	a	-0.62	0.43	0.68
		b	3.443	0.24	
	M8	a	11.82	1.32	0.74
		b	9.908	1.69	
	M10	a	0.524	0.37	0.67
		b	0.432	0.04	
c		0.399	0.10		
a		1.084	0.14	0.65	
b	0.413	0.11			
c	0.503	0.06			

Lampiran 3 Model penduga bidang dasar tegakan

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)
A	M1	a	-4.112	1.3	2.39
		b	1.387	0.25	
	M2	a	0.005	0.01	2.18
		b	3.669	0.8	
D	M1	a	-2.68	0.48	1.41
		b	0.893	0.07	
	M2	a	0.061	0.03	1.28
		b	1.989	0.18	
	M3	a	0.521	0.12	1.37

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 3 (lanjutan)

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)	
H	M4	b	0.232	0.02	1.37	81.5
		a	-0.65	0.24		
	M5	b	0.232	0.02	1.34	82.2
		a	3.835	0.54		
	M6	b	-0.2	0.05	1.28	83.8
		a	34.101	5.95		
	M1	b	-16.6	1.74	1.72	70.9
		a	-4.151	0.76		
	M2	b	1.344	0.13	1.57	75.7
		a	0.024	0.02		
M3	b	2.694	0.34	1.59	75.1	
	a	0.262	0.09			
A.D	M4	b	0.4	0.04	1.59	75.1
		a	-1.336	0.36		
	M5	b	0.4	0.04	1.63	73.9
		a	3.899	0.59		
	M6	b	-0.326	0.07	1.61	74.5
		a	61.43	20.7		
	M9	b	-17.46	2.57	1.43	80.5
		a	-2.558	0.8		
	M10	b	-0.042	0.22	1.25	85
		c	0.908	0.11		
M9	a	0.023	0.02	1.73	71.2	
	b	0.85	0.51			
M10	c	1.714	0.24	1.58	76.1	
	a	-3.796	0.94			
M9	b	-0.201	0.31	1.42	80.6	
	c	1.47	0.24			
M10	a	0.015	0.02	1.18	86.5	
	b	0.494	0.7			
M9	c	2.484	0.47	1.29	84	
	a	-2.951	0.68			
M10	b	0.799	0.18	0.4	98.5	
	c	0.163	0.29			
M9	a	0.025	0.01	1.65	73.9	
	b	1.43	0.27			
M10	c	1.076	0.39	1.33	83.1	
	a	-3.991	0.62			
M9	b	0.07	0.02	1.33	83.1	
	c	0.823	0.07			
M10	a	0.002	0	1.33	83.1	
	b	1.976	0.06			
M9	c	1.038	0.06	1.65	73.9	
	a	-5.173	0.87			
M10	b	0.066	0.03	1.33	83.1	
	c	1.227	0.14			
M9	a	0.003	0	1.33	83.1	
	b	2.332	0.26			
M10	c	0.81	0.21	1.33	83.1	
	a	0.003	0			

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Model penduga biomassa

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)	
A	M1	a	-13.948	4.3	7.92	41.9
		b	4.402	0.81		
	M2	a	0.004	0.01	7.15	52.6
		b	4.307	1.01		
D	M1	a	-9.419	1.72	5.02	76.6
		b	2.835	0.24		
	M2	a	0.106	0.06	4.53	81
		b	2.222	0.24		
	M3	a	1.233	0.37	4.77	78.9
		b	0.254	0.03		
	M4	a	0.209	0.3	4.77	78.9
		b	0.254	0.03		
	M5	a	1.445	0.24	4.76	79
		b	-0.081	0.02		
	M6	a	130.64	29.2	4.5	81.2
		b	-19.06	2.32		
	M1	a	-14.472	2.51	5.7	69.8
		b	4.341	0.45		
	M2	a	0.02	0.02	4.82	78.4
		b	3.34	0.42		
	M3	a	0.457	0.19	4.81	78.6
		b	0.47	0.05		
	M4	a	-0.781	0.41	4.81	78.6
		b	0.47	0.05		
	M5	a	1.51	0.21	5.01	76.8
		b	-0.134	0.02		
	M6	a	413.47	188	5.01	76.8
		b	-23.68	3.64		
	M1	a	-1.066	0.26	1.25	98.5
		b	3.229	0.06		
	M2	a	2.199	0.12	1.07	99
		b	1.161	0.03		
	M3	a	3.466	0.34	7	93.5
		b	0.218	0.01		
	M4	a	1.243	0.1	7	93.5
		b	0.218	0.01		
	M5	a	0.409	0.01	0.99	99.1
		b	-0.009	0		
	M6	a	59.328	3.73	5.48	94.9
		b	-6.384	0.43		
A.D	M9	a	-9.011	2.83	5.08	76.7
		b	-0.143	0.79		
		c	2.887	0.37		
	M10	a	0.023	0.02	4.35	82.9
		b	1.285	0.65		
		c	1.849	0.29		
A.H	M9	a	-12.896	3.11	5.72	70.4
		b	-0.892	1.03		
		c	4.902	0.79		
	M10	a	0.007	0.01	4.82	79
		b	0.724	0.79		
		c	3.14	0.51		
A.N	M9	a	-18.557	4.54	7.53	48.8
		b	3.752	0.82		
		c	0.32	0.14		
	M10	a	0	0	5.83	69.2
		b	4.125	0.79		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 (lanjutan)

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)			
A.G	M9	c	1.398	0.34	1.25	98.6		
		a	-0.484	0.76				
		b	-0.14	0.17				
	M10	a	1.504	0.37			1.01	99.1
		b	0.245	0.15				
D.H	M9	c	1.119	0.04	5.02	77.2		
		a	-11.077	2.4				
		b	2.261	0.63				
	M10	c	0.999	1.01				
		a	0.015	0.01			3.77	87.1
		b	1.409	0.29				
		c	1.88	0.44				

Lampiran 5 Model penduga kerapatan

Variabel	Model	Parameter	SE	RMSE	R ² (%)			
A	M1	a	205.35	91.6	146.67	32.6		
		b	72.43	16.88				
	M2	a	208.18	57.198	147.26	32.1		
D	M1	b	0.63	0.159	152.27	27.4		
		a	393.36	56.18				
	M2	a	320.52	53.714			148.9	30.6
		b	0.335	0.085				
A.D	M9	a	232	93.67	145.81	35.2		
		b	51.2	24.31				
		c	13	10.77				
	M10	a	223.74	59.28			144.33	36.5
		b	0.392	0.214				
		c	0.177	0.116				

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 22 September 1995 di Menteng, Jakarta Pusat. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Djamhur dan Ibu Eni Arni. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Dharma Karya UT pada tahun 2007, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 11 Jakarta dan lulus pada tahun 2010, serta pendidikan menengah atas di SMA Negeri 47 Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Penulis diterima di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2013 melalui jalur UTMI (Ujian Talenta Masuk IPB) di Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif diberbagai kegiatan dan organisasi kampus antara lain FMSC (*Forest Management Student's Club*) dan PC Sylva. Selama berorganisasi di FMSC, penulis menempati posisi sebagai anggota divisi INFOKOM pada tahun 2015-2016 dan anggota divisi PPO (Penguatan dan Pengkaderan Organisasi) di PC Sylva. Selain itu penulis juga aktif di Unit Kegiatan Kampus (UKM) Oryza pada tahun 2013-2014 dan anggota J.co (Jakarta Community) pada tahun 2013.

Penulis melakukan kegiatan Praktik Pengenalan Ekosistem Hutan (PPEH) di Cilacap dan Baturaden, Jawa Tengah pada tahun 2015, Praktik Pengelolaan Hutan (PPH) di Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) Sukabumi pada tahun 2016, dan Praktek Kerja Lapang di PT. Inhutani II Unit Manajemen Hutan Alam Malinau pada tahun 2016.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.