

E/MNH
1995
9510

@Hak cipta milik IPB University

**PENGGUNAAN MODEL RASIO VOLUME DAN TAPER POHON
DALAM MENDUGA VOLUME BATANG POHON
(Studi Kasus pada Jenis Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.)
di Areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur)**

Oleh :
AGUS YULIANTO
E 28.0602



**JURUSAN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1995**

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

RINGKASAN

Agus Yulianto (E 28.0602). Penggunaan Model Rasio Volume dan Taper Pohon dalam Menduga Volume Batang Pohon (Studi Kasus pada Jenis Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di Areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur). Dibawah bimbingan Dr. Ir. Endang Suhendang, MS dan Ir. Harbagung.

Sejalan dengan perkembangan teknologi perkebunan, limit diameter bahan baku kayu yang diperlukan oleh industri perkebunan mengalami perubahan. Untuk itu, dalam pengelolaan hutan yang bersifat lestari perlu adanya suatu metode mengenai pendugaan volume kayu yang dapat diperdagangkan (*merchantable volume*) sehingga potensi tegakan hutan yang dapat diproduksi untuk memasok industri perkebunan tertentu dapat diketahui dengan lebih cermat.

Sampai saat ini, hutan alam tropika basah di Indonesia belum memiliki kriteria mengenai volume kayu yang dapat diperdagangkan, sehingga perlu dilakukan pengembangan ke arah pendugaan volume kayu yang dapat diperdagangkan melalui pendugaan volume batang kayu sampai diameter ujung atau tinggi tertentu yang dapat diterapkan pada berbagai kondisi tegakan.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model penduga volume batang bebas cabang dan volume batang sampai diameter ujung atau tinggi tertentu serta menentukan pendekatan yang lebih tepat di antara model rasio volume dan model integrasi persamaan taper dalam menduga *merchantable volume* berdasarkan diameter ujung atau tinggi tertentu untuk jenis kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur.

Untuk keperluan ini digunakan data berupa pohon model yang dipilih secara *purposive sampling* dengan pertimbangan sebaran kelas diameter pohon.

Tingkat keterandalan model diukur dari nilai koefisien determinasi, simpangan baku, serta uji-F. Sedangkan tingkat keakuratan dan ketelitiannya diukur dari besarnya nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa persamaan bentuk Schumacher-Hall merupakan persamaan yang memenuhi kriteria paling tepat dalam menduga volume batang bebas cabang. Bentuk persamaan-persamaan tersebut dengan kulit dan tanpa kulit berturut-turut adalah :

$$\log V_{ob} = -4.05 + 2.04 \log D + 0.794 \log H$$

$$R^2 = 99.6\%$$

$$\log V_{ib} = -4.18 + 2.09 \log D + 0.796 \log H$$

$$R^2 = 99.5\%$$

Berdasarkan kriteria keterandalannya, model rasio volume dan integrasi persamaan taper dapat digunakan untuk menyusun persamaan volume batang dengan kulit dan tanpa kulit sampai tinggi tertentu. Koefisien determinasi untuk model-model volume batang dengan kulit berkisar antara 73.5 - 99.8% sedangkan untuk model volume batang tanpa kulitnya berkisar antara 72.9 - 99.8%. Di samping itu berdasarkan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatifnya, kedua model di atas memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang cukup baik pada beberapa kelas ketinggian relatif.

Adapun model-model penduga volume batang dengan kulit berdasarkan tinggi tertentu ialah sebagai berikut :

- Model integrasi persamaan taper Kozak and Others

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left[1.027109 \frac{h}{H} - 0.255215 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0.0209833 \left(\frac{h}{H} \right)^3 \right] \Bigg|_{h_1}^{h_2}$$

Akurat untuk menduga volume pada semua bagian batang bebas cabang.

- Model integrasi persamaan taper Goulding and Murray

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi \frac{V_{ob}}{K} \left[1.37942 \frac{h'}{H'} + 0.7172 \left(\frac{h'}{H'} \right)^2 - 4.331 \left(\frac{h'}{H'} \right)^3 + 6.1552 \left(\frac{h'}{H'} \right)^4 - 2.8802 \left(\frac{h'}{H'} \right)^5 \right] \Bigg|_{h_1}^{h_2}$$

Tidak akurat untuk menduga volume pada bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Honer

$$v_{ob} = \left[1.38453 \left(\frac{h'}{H'} - 1 \right) - 0.38298 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1 \right) + 1 \right] V_{ob}$$

Cukup akurat untuk menduga volume 0.2 - 0.5 bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Polynomial

$$v_{ob} = (1 - 0.5867z - 0.47596z^2 + 0.11165z^4 - 0.04899z^6) V_{ob}$$

Akurat untuk menduga volume 0.4 - 0.5 bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Modified Burkhardt

$$v_{ob} = [1 - 0.944496(H - h)^{1.17215} H^{-1.15023}] V_{ob}$$

Akurat untuk menduga volume 0.6 - 1 bagian batang bebas cabang.

Sedangkan model tanpa kulitnya ialah sebagai berikut :

- Model integrasi persamaan taper Kozak and Others

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left(0.953224 \frac{h}{H} - 0.232505 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0.02432 \left(\frac{h}{H} \right)^3 \right) \Bigg|_h^H$$

Akurat untuk menduga volume pada semua bagian batang bebas cabang.

- Model integrasi persamaan taper Goulding and Murray

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi \frac{V_{ib}}{K} \left(1.38534 \frac{h'}{H'} + 0.7018 \left(\frac{h'}{H'} \right)^2 - 4.2946 \left(\frac{h'}{H'} \right)^3 + 6.1026 \left(\frac{h'}{H'} \right)^4 - 2.8551 \left(\frac{h'}{H'} \right)^5 \right) \Bigg|_h^H$$

Tidak akurat untuk menduga volume pada semua bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Honer

$$v_{ib} = \left[1.39113 \left(\frac{h'}{H'} - 1 \right) - 0.38951 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1 \right) + 1 \right] V_{ib}$$

Akurat untuk menduga volume 0.2 - 0.5 bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Polynomial

$$v_{ib} = [1 - 0.57997z - 0.48299z^2 + 0.11150z^4 - 0.04854z^6] V_{ib}$$

Akurat untuk menduga volume 0.3 - 0.5 bagian batang bebas cabang.

- Model rasio volume Modified Burkhardt

$$v_{ib} = [1 - 0.923868(H - h)^{1.17726} H^{-1.14856}] V_{ib}$$

Akurat untuk menduga volume 0.8 - 1 bagian batang bebas cabang.

Persamaan penduga volume batang berdasarkan diameter ujung dapat disusun berdasarkan model rasio volume. Hasil pengujian keterandalan model pada model rasio volume Burkhardt dan Polynomial memberikan nilai koefisien determinasi antara 74.3 - 80.7% untuk model dengan kulit dan antara 74.5 - 80.7% untuk model penduga volume batang tanpa kulit. Namun hasil pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif menunjukkan model-model tersebut memiliki tingkat keakuratan dan



ketelitian yang rendah pada semua kelas ketinggian relatif. Rendahnya tingkat keakuratan dan ketelitian dari kedua model ini disebabkan adanya asumsi yang mendasari penyusunan model rasio volume Burkhart dan model rasio volume Polynomial, di mana volume batang akan maksimal ketika diameter ujung mendekati nol, sedangkan untuk jenis *Shorea johorensis* Foxw. dengan bentuk batang yang *deliquescent* seperti umumnya jenis-jenis pohon di hutan alam tropika basah, volume batang akan maksimal sebelum diameter ujung mendekati nol.

Model integrasi persamaan taper Kozak dan Others memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang paling tinggi dibandingkan model rasio volume dan model integrasi persamaan taper Goulding dan Murray, sehingga model ini dipilih sebagai model penduga volume batang sampai tinggi tertentu untuk kasus jenis kenuar di HPH PT. ITCL, Kalimantan Timur. Tingginya tingkat ketelitian pada model ini ditunjang oleh kepraktisan dalam penggunaannya, di mana model ini tidak memerlukan pendugaan volume batang bebas cabang dalam penggunaannya. Diharapkan penggunaan model ini dapat mendukung pengembangan ke arah pendugaan volume kayu yang dapat diperdagangkan, di samping meningkatkan ketelitian dalam hubungannya dengan kegiatan perencanaan produksi di lokasi penelitian khususnya.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



**PENGGUNAAN MODEL RASIO VOLUME DAN TAPER POHON
DALAM MENDUGA VOLUME BATANG POHON
(Studi Kasus pada Jenis Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.)
di Areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur)**

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Kehutanan
pada Fakultas Kehutanan
Institut Pertanian Bogor**

**Oleh :
Agus Yulianto
E 28.0602**

**JURUSAN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1995



Judul Penelitian : Penggunaan Model Rasio Volume dan Taper Pohon dalam Menduga Volume Batang Pohon (Studi Kasus pada Jenis Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di Areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur)

Nama Mahasiswa : Agus Yulianto

Nomor Pokok : E 28.0602

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Endang Suhendang, MS
NIP : 130 933 588



Ir. Harbagung
NIP : 080 051 881

Mengetahui :

Ketua Jurusan Manajemen Hutan

Fakultas Kehutanan

Institut Pertanian Bogor



Dr. Ir. Endang Suhendang, MS
NIP : 130 933 588

Tanggal Lulus : 22 Desember 1995

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tasikmalaya, Jawa Barat pada tanggal 25 Juli 1971. Penulis merupakan anak tunggal dari keluarga Bapak Oding Dudung dan Ibu Entin Kartini.

Pengalaman pendidikan penulis diawali pada tahun 1977 dengan memasuki Taman Kanak-Kanak PGRI Singaparna, Tasikmalaya sampai tahun 1978. Pada tahun 1978, penulis mulai memasuki pendidikan di bangku Sekolah Dasar Negeri VI Singaparna, Tasikmalaya yang kemudian pindah ke Sekolah Dasar Negeri X Banjar, Ciamis sampai lulus tahun 1984. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri I Banjar, Ciamis dan lulus tahun 1987, kemudian melanjutkan ke Sekolah menengah Atas Negeri I Sumedang sampai tahun 1991.

Pada tahun 1991 penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI) dan lulus di Tingkat Persiapan Bersama pada tahun 1992. Pada tahun yang sama, penulis memasuki Fakultas Kehutanan pada Jurusan Manajemen Hutan. Pada tahun 1994, penulis memilih program studi Perencanaan Hutan.

Untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, penulis melaksanakan praktek khusus bidang Biometrika Hutan, dengan judul : Penggunaan Model Rasio Volume dan Taper Pohon dalam Menduga Volume Batang Pohon (Studi Kasus pada Jenis Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di Areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur), dibawah bimbingan Dr. Ir. Endang Suhendang, MS dan Ir. Harbagung.

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Dr. Ir. Endang Suhendang, MS dan Ir. Harbagung, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dari awal hingga selesainya skripsi ini,
2. Ir. Tjetjep Ukman K., MM, selaku Dosen Penguji dari Jurusan Teknologi Hasil Hutan,
3. Pimpinan beserta staf HPH PT. International Timber Corporation Indonesia, yang telah memberikan izin dan pengarahan serta bimbingan kepada penulis selama penelitian di lapangan,
4. Apa dan Mamah, yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis,
5. Saudara Paska, Enik, Harjunis, Didiet, dan Medy, yang dengan kesabaran dan ketulusan hati telah membantu penulis melaksanakan penelitian di lapangan, serta
6. Dian, Dede, seluruh warga Pondok Tanadoang serta warga MNH-28 atas kebersamaannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya, dan segala kritik serta saran, penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Bogor, Desember 1995

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Hipotesa	2
D. Asumsi-asumsi	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Ciri Botanis dan Ekologis Meranti Merah Kenuar (<i>Shorea johorensis</i> Foxw.)	4
B. Bentuk Batang	5
C. Penentuan Volume Batang Pohon	7
D. Tabel Volume Pohon	9
E. Taper Pohon	10
F. Volume Pohon	12
III. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN	18
A. Letak dan Luas	18
B. Topografi dan Jenis Tanah	18
C. Iklim	19
D. Keadaan Vegetasi	19
IV. METODOLOGI	20
A. Tempat dan Waktu Penelitian	20
B. Bahan Penelitian	20

C. Alat Penelitian	20
D. Metode Penelitian	20
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Data	26
B. Penyusunan Model	26
C. Pengujian Keakuratan dan Ketelitian Hasil Pendugaan Model-Model	35
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer



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

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

DAFTAR TABEL

Nomor	<u>Teks</u>	halaman
1.	Sebaran Pohon Contoh Menurut Diameter Setinggi Dada dan Tinggi Bebas Cabang	26
2.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Galat Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Volume Batang Bebas Cabang dengan Kulit yang Diuji ...	27
3.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Galat Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Kulit yang Diuji	27
4.	Model Rasio Volume dan Integrasi Fungsi Taper Sebagai Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu dengan Kulit	29
5.	Model Rasio Volume dan Integrasi Fungsi Taper Sebagai Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu Tanpa Kulit	29
6.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu dengan Kulit yang Diuji	30
7.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu Tanpa Kulit yang Diuji	30
8.	Model Rasio Volume Sebagai Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu dengan Kulit	33
9.	Model Rasio Volume Sebagai Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu Tanpa Kulit	33
10.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu dengan Kulit yang Diuji	34
11.	Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu Tanpa Kulit yang Diuji	34
12.	Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dan Integrasi Persamaan Taper dalam Menduga Volume Batang dengan Kulit Berdasarkan Tinggi Tertentu	35
13.	Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dan Integrasi Persamaan Taper dalam Menduga Volume Batang Tanpa Kulit Berdasarkan Tinggi Tertentu	38
14.	Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dalam Menduga Volume Batang dengan Kulit dan Tanpa Kulit Berdasarkan Diameter Ujung Tertentu	39



DAFTAR GAMBAR

Nomor	<u>Teks</u>	halaman
1.	Bentuk Batang daun Jarum	5
2.	Bentuk Batang Daun Lebar	5
3.	Bentuk Geometrik Bagian-Bagian Batang Pohon	6
4.	Bagian-Bagian Pohon Sesuai dengan Kriteria Penggunaannya	12

@Hak cipta milik IPB University

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



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	<u>Teks</u>	halaman
1.	Data Hasil Penelitian Jenis <i>Shorea johorensis</i> Foxw. di HPH PT. ITCI	46
2.	Hasil Analisis Regresi Model-Model Penduga Volume Jenis <i>Shorea johorensis</i> Foxw.....	47
3.	Contoh Tabel Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Tunggak Berdasarkan Model Integrasi Persamaan Taper Kozak dan Others (dengan kulit)	49
4.	Contoh Tabel Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Tunggak Berdasarkan Model Integrasi Persamaan Taper Kozak dan Others (tanpa kulit)	50
5.	Contoh Tabel Volume Pohon Jenis Kenuar yang Disusun Berdasarkan Integrasi Persamaan Taper Kozak di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur (dengan kulit)	51
6.	Contoh Tabel Volume Pohon Jenis Kenuar yang Disusun Berdasarkan Integrasi Persamaan Taper Kozak di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur (tanpa kulit)	52

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

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelestarian produksi hutan, yang berarti kelestarian pembangunan kehutanan memerlukan usaha-usaha nyata dari semua pihak yang terlibat dalam operasi dan kegiatan kehutanan. Hal tersebut tentunya perlu didukung oleh suatu rencana pengusahaan hutan yang rasional, cermat serta terarah.

Pemanfaatan aktual dari batang pohon sangat bervariasi dari daerah ke daerah, dari operasi ke operasi dan dari waktu ke waktu (Spurr, 1952). Sejalan dengan perkembangan teknologi perkayuan, limit diameter bahan baku kayu yang diperlukan oleh industri perkayuan mengalami perubahan. Pada dasarnya semakin maju teknologi, maka semakin banyak bagian dari pohon yang dapat dimanfaatkan, dalam arti semakin kecil limit diameter kayu yang dapat dimanfaatkan. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam pengelolaan hutan perlu adanya suatu metode mengenai pendugaan volume kayu yang dapat diperdagangkan (*merchantable volume*) sehingga potensi tegakan hutan yang dapat diproduksi untuk memasok industri perkayuan tertentu dapat diketahui dengan tepat. Tipe hutan di Indonesia yang sebagian besar berupa hutan alam tropika basah, sampai saat ini belum memiliki kriteria mengenai volume kayu yang dapat diperdagangkan. Untuk memenuhi tuntutan di atas, perlu dilakukan pengembangan ke arah pendugaan volume kayu yang dapat diperdagangkan melalui pendugaan volume batang kayu sampai diameter ujung dan tinggi tertentu yang dapat diterapkan pada berbagai kondisi tegakan.

Dewasa ini pendugaan volume batang sampai diameter ujung tertentu umumnya dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi yang terpisah untuk setiap limit diameter ujung. Beberapa hasil penelitian yang mengarah kepada penyempurnaan model penduga *merchantable volume* ialah dengan pengembangan persamaan rasio volume serta penerapan suatu persamaan berdasarkan integrasi fungsi taper (Byrne and Reed, 1986).



Dengan didapatkannya persamaan-persamaan penduga volume batang sampai diameter ujung dan tinggi tertentu, sebagai pengembangan ke arah pendugaan *merchantable volume*, tentunya para praktisi dan ahli-ahli di bidang kehutanan dapat memprediksi secara lebih teliti mengenai volume kayu yang dapat diperdagangkan dari waktu ke waktu.

B. Tujuan

Tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Menyusun beberapa model penduga volume batang jenis meranti merah kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) dengan dan tanpa kulit, yaitu :
 - a. Model penduga volume batang bebas cabang berdasarkan fungsi diameter setinggi dada (Dbh) dan tinggi bebas cabang (H).
 - b. Model penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu berdasarkan fungsi diameter ujung.
 - c. Model penduga volume batang sampai tinggi tertentu berdasarkan fungsi tinggi.
2. Menentukan model penduga *merchantable volume* berdasarkan diameter ujung atau tinggi tertentu yang lebih tepat di antara kedua model di bawah ini :
 - a. Model rasio volume, berupa rasio antara *merchantable volume* dengan volume bebas cabangnya . Volume bebas cabang di sini diperoleh dari persamaan penduga volume bebas cabang.
 - b. Model integrasi persamaan taper, yaitu integrasi yang memberikan pendugaan volume dari beberapa seksi pada batang utama.

C. Hipotesa

Beberapa hipotesa yang akan dibuktikan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Model penduga volume batang bebas cabang dapat disusun berdasarkan fungsi diameter setinggi dada (Dbh) dan tinggi bebas cabang (H).



2. Persamaan penduga volume batang sampai tinggi tertentu dapat disusun berdasarkan model rasio volume dan model integrasi fungsi taper.
3. Persamaan penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu dapat disusun berdasarkan model rasio volume.

D. Asumsi-asumsi

Beberapa asumsi yang digunakan untuk mencapai tujuan dan membuktikan hipotesa dalam penelitian ini ialah :

1. Batang pohon *Shorea johorensis* Foxw. dapat digambarkan dalam salib sumbu dengan diameter batang sejajar dengan sumbu-y dan panjang batang sejajar dengan sumbu-x.
2. Volume batang merupakan perputaran grafik yang diperoleh dari persamaan tapernya.
3. Model ini disusun hanya untuk menduga volume batang per individu pohon dalam suatu tegakan hutan alam tidak seumur secara lokal di daerah penelitian.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ciri Botanis dan Ekologis Meranti Merah Kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.)

1. Ciri botanis meranti merah kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.)

Kenuar bersama-sama dengan jenis-jenis meranti, keruing dan kapur termasuk suku Dipterocarpaceae. Pohonnya besar dapat mencapai tinggi lebih dari 50 m dan diameter lebih dari 150 cm, serta berbanir besar. Batangnya besar, bulat, lurus, bagian yang tak bercabang dapat mencapai lebih dari 30 m (LIPI, 1979).

Kebler dan Sidiyasa (1994) menyebutkan bahwa meranti merah kenuar memiliki kulit yang tertutup oleh lapisan kertas yang mudah mengelupas, berwarna abu-abu sampai coklat pudar. Kulit tua hampir putih mendekati kerusakan, kulit dalam merah muda berserabut, bergetah putih, lunak dengan ranting agak keras. Daun berbentuk oval dengan panjang 9 - 14 cm, lebar 4,2 - 7,5 cm seperti kertas sampai menyerupai kulit, pangkal daun mirip hati, ujung daun tajam dengan panjang mencapai 7 mm.

2. Penyebaran dan sifat ekologis

Jenis kenuar hanya terdapat di bagian Selatan Semenanjung Malaya (Johore), pantai Timur Sumatera, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur, Serawak, dan Sabah. Kenuar biasanya tumbuh di hutan primer tanah rendah dengan tanah subur dan berdrainase baik, pada lereng-lereng bukit, tanah rata (aluvial) dan pada medan yang bergelombang dengan ketinggian sampai 600 m (LIPI, 1979).

3. Sifat dan penggunaannya

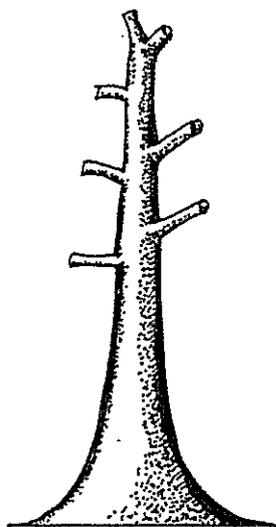
Kayu kenuar relatif ringan (B.J. = 0,50) dan termasuk kelas awet IV - III serta kelas kuat III - IV. Warnanya lebih menarik dan kekuatan serta keawetannya lebih baik daripada kayu lempung (*Shorea parvifolia*) dan merembung (*Shorea semithiana*). Kenuar tahan terhadap serangan penyakit busuk putih atau *white rot* (LIPI, 1979).

Menurut Kebler dan Sidiyasa (1994), kenuar merupakan salah satu jenis meranti merah muda yang terbaik dan digunakan untuk pekerjaan konstruksi ringan. Selanjutnya LIPI (1979), menambahkan bahwa kayu kenuar mudah dikerjakan, tidak pecah bila dipaku, dan mudah dikupas sehingga baik sekali untuk dibuat kayu lapis, serta dapat digunakan sebagai bahan bangunan ringan, lantai, panel-panel pada mobil dan perahu motor, pintu dan pekerjaan-pekerjaan kayu lainnya.

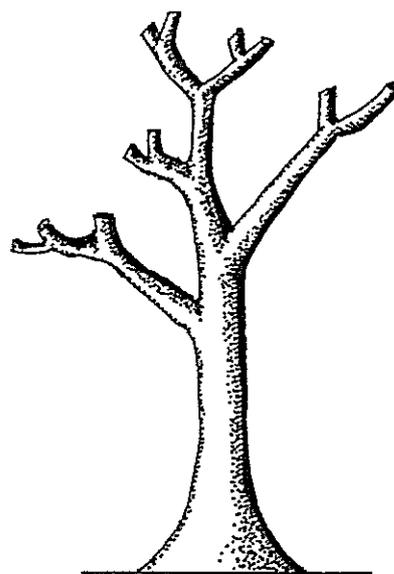
B. Bentuk Batang

Bentuk fisik batang pohon berbeda-beda tergantung dari tipenya (Wahjono, 1989). Menurut Husch (1963), perbedaan ini disebabkan adanya sifat-sifat genetik yang dimiliki oleh masing-masing jenis tersebut. Dalam hal ini de Vries (1971), membagi bentuk batang menjadi 2 tipe, yaitu :

1. *Excurrent*, yaitu bentuk batang yang teratur dan lurus memanjang dari pangkal hingga ujung dan biasanya terdapat pada jenis-jenis konifer atau daun jarum (Gambar 1).
2. *Deliquescent*, yaitu pohon yang berbentuk tidak teratur, di mana pada ketinggian tertentu bercabang-cabang besar dan banyak dijumpai pada jenis-jenis kayu daun lebar (Gambar 2).



Gambar 1. Bentuk batang daun jarum

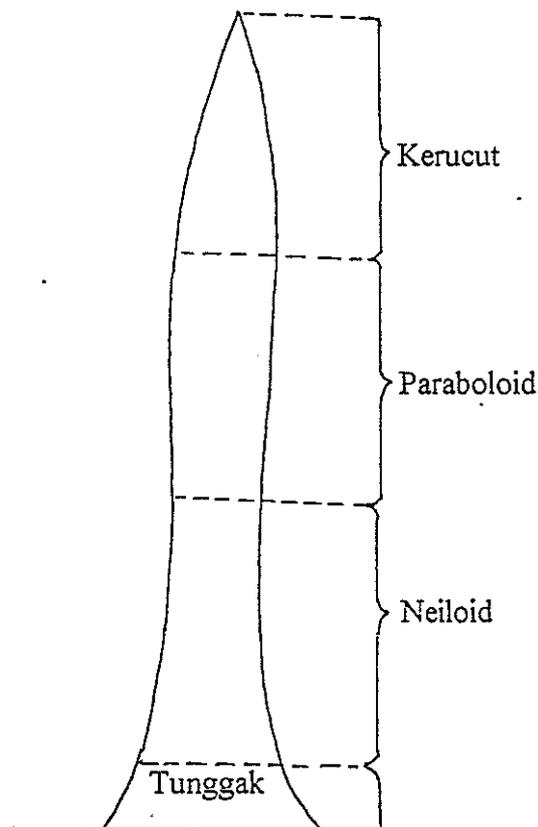


Gambar 2. Bentuk batang daun lebar

Dikatakan pula bahwa pada umumnya batang pohon mempunyai bentuk-bentuk yang mendekati benda-benda putar (frustum) sebagai hasil perputaran grafik pada sumbu-x dengan persamaan umum : $y = a x^r$. Bentuk benda putar berbeda tergantung pada besarnya r (Husch, 1963).

Menurut Belyea (1947) serta Loetsch dan Haller (1973), bentuk-bentuk batang yang menyusun suatu pohon ada 4 macam, yaitu silinder, paraboloid, kerucut dan neiloid. Keempat macam bentuk batang tersebut tidak selalu ada pada pohon, namun yang sering dijumpai adalah bentuk neiloid, kerucut dan paraboloid.

Husch (1963) menggambarkan bagian-bagian batang pohon yang bentuknya teratur yang menyusun suatu pohon, disusun berturut-turut dari pangkal sampai puncak oleh bentuk batang neiloid, paraboloid dan kerucut, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk geometrik bagian-bagian batang pohon

C. Penentuan Volume Batang Pohon

Volume merupakan besaran tiga dimensi dari suatu benda. Besaran ini dinyatakan dalam satuan kubik yang diturunkan atau didapatkan dari setiap satuan dasar dari panjang. Jadi prinsipnya bila panjang-panjang tersebut yaitu tinggi, lebar dan ketebalan diketahui, maka volumenya diketahui pula (Suharlan dan Soediono, 1973).

Penentuan volume suatu benda dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu : cara analitik, cara langsung dan cara grafik (Husch, 1963). Cara analitik merupakan cara penentuan volume benda dengan menggunakan rumus volume standar . Cara ini dilakukan untuk benda-benda berbentuk teratur seperti; segi banyak (polyhedron) misalnya prisma, prismoid dan benda-benda putar seperti kerucut, silinder, paraboloid, dan neiloid.

Cara langsung penentuan volume benda ialah dengan menggunakan xylometer yang bekerja dengan prinsip perpindahan cairan. Cara ini digunakan untuk mengetahui volume benda yang tidak teratur bentuknya atau tidak memungkinkan menggunakan rumus-rumus volume standar. Adapun cara grafik dapat digunakan untuk menghitung volume berbagai bentuk benda putar tanpa memandang ciri-ciri permukaannya (Husch, 1963).

Menurut FAO (1973), cara yang paling mudah dan jelas dalam menghitung volume sebuah pohon tunggal adalah dengan membaginya ke dalam seksi-seksi dengan panjang yang sama, walaupun dapat pula dilakukan dengan panjang seksi yang berbeda. Untuk menduga volume setiap seksi digunakan rumus geometris, dan kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan volume sortimen secara keseluruhan. Rumus geometris akan memberikan perkiraan volume dari setiap seksi yang memiliki panjang dan diameter pangkal, ujung atau bagian tengah sortimen yang tertentu. Walaupun hal tersebut tidak dapat memberikan ukuran volume yang sebenarnya, oleh karena sebuah log tidak pernah persis sama dengan bentuk benda geometris yang sederhana sebagaimana yang dicirikan biasanya bentuk silinder, tetapi ketelitiannya dapat dilihat dari besarnya pendugaan biasanya.



Rumus-rumus yang biasa dipergunakan untuk menetapkan volume kayu bulat adalah sebagai berikut :

1. Rumus Huber : $V = (B_t)(L)$
2. Rumus Smallian : $V = \frac{1}{2}(B_p + B_u) L$
3. Rumus Newton : $V = \left(\frac{B_{p1} + 4B_t + B_u}{6} \right) L$
4. Rumus Brereton : $V = \frac{1}{4} \pi \left(\frac{(D_{p1} + D_{p2})}{2} + \frac{(D_{u1} + D_{u2})}{2} \right)^2 L$
5. Modifikasi Huber : $V = \frac{1}{4} \pi \left(\frac{D_p + D_u}{2} \right)^2 L$

di mana :

V = volume

B_p = luas penampang pangkal kayu bulat

B_t = luas penampang tengah kayu bulat

B_u = luas penampang ujung kayu bulat

L = panjang kayu bulat

D_p = diameter pangkal kayu bulat

D_u = diameter ujung kayu bulat

$P_{1,2}$ = pengukuran diameter yang posisinya saling tegak lurus

π = 3,14

Rumus Smallian dan rumus Huber secara khusus menghitung volume batang berbentuk paraboloid, karena memberikan nilai volume yang tidak bias. Sedangkan rumus Newton dipergunakan untuk menghitung volume batang berbentuk silinder, neiloid, paraboloid dan kerucut yang memberikan hasil yang tidak bias (Spurr, 1952).

Namun demikian dalam melakukan perhitungan menentukan volume batang pohon pada umumnya menggunakan rumus Smallian atau Huber. Rumus Smallian mempunyai ketepatan penafsiran yang lebih kecil dibandingkan dengan rumus Huber atau



rumus Newton. Tetapi karena cukup praktis untuk diterapkan, maka rumus volume dari Smalian ini sering dipergunakan (Avery, 1967).

Dalam pekerjaan inventarisasi hutan, penentuan volume pohon atau tegakan secara langsung dengan menggunakan rumus tidak praktis. Oleh karena itu perlu pendugaan volume pohon dengan menggunakan sifat hubungan umum yang sebelumnya dijabarkan dari pohon-pohon contoh yang dikenal dengan tabel volume.

D. Tabel Volume Pohon

Tabel volume pohon adalah suatu tabel yang digunakan untuk mendapatkan volume pohon atau batang melalui pengukuran satu atau beberapa peubah penaksir volume pohon atau volume batang. Bila hanya satu peubah yang digunakan, maka biasanya peubah tersebut adalah diameter setinggi dada (dbh), bila dua peubah maka diukur diameter setinggi dada (dbh) dan tinggi, bila tiga peubah maka faktor bentuk dimasukkan ke dalam pengukuran (Spurr, 1952). Secara umum persamaannya adalah sebagai berikut :

$$V = f(\text{DBH})$$

$$V = f(\text{DBH}, H)$$

$$V = f(\text{DBH}, H, F)$$

di mana :

V = volume pohon

DBH = diameter setinggi dada

H = tinggi batang pohon

Angka bentuk f ialah suatu angka perbandingan antara volume batang aktual dengan volume silinder yang berdiameter dan tinggi sama dengan diameter setinggi dada dan tinggi pangkal tajuk batang pohon tersebut.

Tabel volume dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu tabel volume lokal dan tabel volume baku. Tabel volume lokal atau tarif volume adalah tabel volume yang disusun berdasarkan atas satu peubah bebas, biasanya diameter setinggi dada atau hanya tingginya. Tabel volume baku adalah tabel volume yang disusun atas berbagai



peubah bebas, yang umum digunakan yaitu diameter setinggi dada, tinggi dan bentuk pohon (Spurr, 1952).

Seperti yang dikemukakan oleh Bruce dan Schumacher (1950) hendaknya dalam memilih peubah-peubah bebas, memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Peubah bebas harus mudah diukur.
2. Peubah bebas harus mempunyai hubungan yang erat dengan peubah tak bebas.
3. Antara peubah bebas yang satu dengan peubah bebas yang lain tidak perlu ada hubungan.

E. Taper Pohon

1. Pengertian taper

Spurr (1952), menyatakan bahwa suatu metode alternatif untuk menduga volume pohon dapat dilakukan berdasarkan bentuk batang, yaitu dengan persamaan taper. Clutter (1980) menambahkan bahwa persamaan taper disusun berdasarkan hubungan fungsional antara diameter sepanjang batang d dengan panjang batang dari ujung batang t . Secara sistematis hubungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$d_o = f(t)$$

Taper diartikan sebagai suatu bentuk yang meruncing sedang definisi taper pohon adalah pengurangan atau semakin mengecilnya diameter batang atau seksi batang pohon dari pangkal hingga ujungnya. Taper pohon ini secara umum disebut pula bentuk batang (Husch, 1963). Menurut Chapman dan Meyer (1949), taper atau bentuk batang pohon merupakan resultante dimensi pohon yang disebabkan oleh adanya pengaruh pertumbuhan tinggi dan diameter pohon.

Wright (1923) dalam Spurr (1952) menyatakan bahwa kurva taper bervariasi menurut jenis, diameter, dan umur serta mungkin juga tinggi. Selanjutnya, tabel volume berdasarkan taper akan lebih baik jika memasukkan faktor umur di samping diameter dan tinggi sebagai peubah bebas (Bruce dan Schumacher, 1950).



2. Fungsi taper

Kurva taper dari jenis pohon yang sama tetapi berbeda ukuran dapat disusun dengan bantuan diameter dan tinggi relatif. Penggunaan variabel-variabel relatif secara efektif mengeliminir variasi absolut yang besar yang disebabkan oleh perbedaan ukuran pohon (Laasasenaho, 1982).

Bentuk persamaan umumnya adalah sebagai berikut :

$$(d / D) = f (h / H)$$

Persamaan taper yang dihasilkan ini kemudian diintegrasikan untuk memperoleh persamaan pendugaan volume untuk setiap tinggi atau panjang batang yang diinginkan (Eadkeo dan Ayudhya, 1983). Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$V = \pi \int_{h_1}^{h_2} \left(\frac{1}{2} f (h / H) \right)^2 dh$$

Behre (1923) **dalam** Spurr (1952) menggunakan persamaan hiperbolik untuk menyusun persamaan taper sebagai berikut :

$$d / D = \frac{h / H}{(b_0 + b_1 (h / H))}$$

Persamaan ini diterapkan pada jenis-jenis pohon daun jarum dan telah meningkatkan ketelitian sampai 1,9% dibandingkan dengan penggunaan *kusen bentuk (form quotient)*. Selanjutnya ditegaskan bahwa perbedaan volume aktual dan volume dugaan (simpangan agregatif) yang dihitung tidak lebih dari 1%.

Kozak *et al.* (1969) **dalam** Laasasenaho (1982) menemukan model persamaan parabolik yang hasilnya cukup baik sebagai berikut :

$$d / D = b_0 + b_1 (h / H) + b_2 (h / H)^2$$

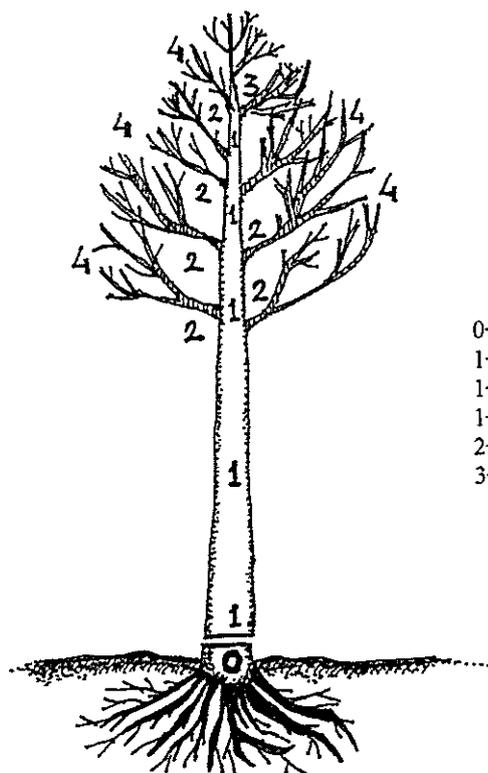


F. Volume Pohon

1. Bagian-bagian pohon yang berhubungan dengan *merchantable volume*

Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) menggambarkan secara skematik bagian-bagian pohon yang berhubungan dengan *merchantable volume* sebagai berikut :

- 0 : kayu tunggak, terdiri atas akar dan tunggak di mana volumenya tergantung tinggi tunggak,
- 1 : batang yang dapat diperdagangkan, merupakan bagian pohon dari tunggak sampai limit diameter ujung,
- 2 : cabang-cabang yang dapat diperdagangkan, merupakan bagian cabang yang lebih besar daripada limit diameter ujung,
- 3 : bagian batang yang tidak dapat diperdagangkan, yaitu bagian di atas batang yang dapat diperdagangkan,
- 4 : cabang kecil atau cabang yang tidak dapat diperdagangkan, yaitu bagian dari cabang dengan diameter kurang dari limit tertentu.



$$\begin{aligned}
 0+1+2+3+4 &= \text{volume pohon total} \\
 1+2+3+4 &= \text{total batang dan total cabang} \\
 1+2 &= \text{volume pohon yang dapat diperdagangkan} \\
 1+3 &= \text{volume batang total} \\
 2+4 &= \text{volume cabang total} \\
 3+4 &= \text{volume pohon yang tidak dapat diperdagangkan}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Bagian-bagian pohon sesuai dengan kriteria penggunaannya.

1.1. Volume tunggak

Pengukuran tinggi dan volume tunggak hanya memberikan kontribusi yang kecil atau tidak diketahui kuantitasnya sebagai bahan kayu yang dapat dimanfaatkan, meskipun volume tersebut merupakan suatu faktor penting yang diperhitungkan dalam volume total (Belyea, 1947). Hal ini ditegaskan oleh Haller (1969) dalam Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) yang menyatakan bahwa di daerah tropis tunggak seringkali dipertimbangkan tingginya dan dalam banyak kasus tinggi tunggak juga merupakan tinggi yang diperhitungkan dalam pengukuran diameter, namun volume tunggak itu sendiri tidak termasuk ke dalam perhitungan volume.

Menurut Bruce dan Schumacher (1950), hampir tidak mungkin menentukan volume tunggak secara tepat. Volume tunggak diasumsikan sebagai volume silinder. Kesalahan asumsi ini kemungkinan cukup besar, tetapi volume tunggak di luar silinder terlalu kecil dibandingkan dengan bagian *merchantable* dari pohon sehingga pengaruhnya dapat diabaikan pada volume total dari pohon.

1.2. Limit diameter ujung

Bagian batang dan cabang yang tidak dapat diperdagangkan didefinisikan sebagai bagian di atas limit diameter ujung tertentu (Spurr, 1952). Menurut FAO (1967), kriteria yang dapat menentukan ujung dari kayu yang dapat dimanfaatkan bisa dibatasi dengan memilih diameter ujung minimum, atau dengan percabangan, bentuk yang tak teratur, kerusakan dan seterusnya, yang membatasi apa yang dianggap sebagai kayu yang dapat dimanfaatkan dalam suatu batang.

Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) memberikan contoh limit diameter ujung untuk *merchantable volume* di Jerman dan beberapa negara Eropa lainnya ialah sebesar 7 cm dengan kulit. Untuk pulp, limit diameter yang sering dipakai ialah 4 inci, sedangkan di Lake State 3 inci tanpa kulit (Spurr, 1952), digunakan pada tabel volume *cubic-feet*. Untuk inventarisasi di daerah tropika, Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) menyatakan bahwa diameter ujung seringkali ditetapkan pada titik bebas cabang, di mana batang mulai bercabang.



Selanjutnya Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973), menyatakan pula bahwa saat ini perkembangan cenderung ke arah penggunaan diameter minimum yang tidak tetap dan memungkinkan untuk dikembangkan diameter minimum sebagai variabel. Sehingga memungkinkan untuk menyusun tabel volume atau fungsi volume berdasarkan limit diameter ujung yang dapat disesuaikan.

1.3. Tinggi dan panjang batang *merchantable*

Tinggi total dari pohon adalah tinggi dari permukaan tanah sampai ke ujungnya yang diukur (Bruce dan Schumacher, 1950). Sedangkan tinggi batang *merchantable* adalah jarak antara pangkal pohon dan ujung bagian pohon teratas yang dapat digunakan. Tinggi kayu yang dapat diperdagangkan dapat sampai ke diameter ujung minimum atau di bawahnya, tapi tidak pernah di atasnya (FAO, 1967).

Panjang *merchantable* diukur dari ujung atas tunggak sampai limit diameter ujung tertentu yang dapat berubah-ubah yang ditentukan sesuai dengan standar lokal penggunaannya dan kriteria log yang dapat digunakan (Belyea, 1947).

1.4. Volume Kulit

Volume kulit berhubungan erat dengan volume kayu dan diameter dalam bentuk hubungan persentase sederhana. Dengan atau tanpa kulit tidak mempengaruhi metode penyusunan tabel volume karena keduanya berdasarkan hubungan matematika yang sama meskipun tabel volume dengan kulit akan memberikan pendugaan volume yang lebih besar untuk kelas diameter dan tinggi tertentu (Spurr, 1952).

Menurut Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) volume pohon tanpa kulit penting karena menyangkut nilai ekonomi kayu yang dihasilkan, dalam kaitannya dengan pengusahaan hutan volume ini disebut volume komersial atau perdagangan.



2. Volume kayu yang dapat diperdagangkan (*merchantable volume*)

Menurut Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973), volume pohon antara tunggak dan limit diameter ujung atau titik cabang pertama tanpa pengurangan untuk volume kulit atau bagian yang rusak seringkali disebut volume kasar tanpa kulit. Karena jenis konifer jarang memiliki cabang yang dapat diperdagangkan (cabang-cabang konifer umumnya berdiameter kecil) dan umumnya jenis daun lebar yang ada di daerah tropis memiliki pemanfaatan cabang yang seringkali tidak ekonomis, maka volume kasar umumnya hanya meliputi volume batang.

Selanjutnya Loetsch, Zohrer, dan Haller (1973) menyatakan pula bahwa volume bersih merupakan volume kasar dikurangi dengan cabang-cabang yang tidak dapat diperdagangkan dan bagian tertentu dari batang yaitu bagian batang yang kurang dari limit diameter dan bagian batang yang mengandung busuk, lengkungan, atau kerusakan. Volume ini disebut volume industri atau volume yang dapat diperdagangkan. Volume yang dapat diperdagangkan seperti tercantum dalam tabel volume adalah volume tanpa bagian tunggak dan ujung (Spurr, 1952).

Selanjutnya Belyea (1947) menambahkan bahwa tidak semua bagian log yang dihasilkan dari suatu pohon dapat diterima sebagai bagian yang dapat diperdagangkan berdasarkan hal-hal berikut :

1. Dimensi log yang terlalu kecil, di mana diameter dan panjang bagian tersebut di bawah efisiensi proses penggergajian dan kuantitas kayu gergajian yang dihasilkan.
2. Kemungkinan log memiliki banyak kerusakan.
3. Jarak transportasi yang terlalu jauh menyebabkan ongkos tenaga kerja dan angkutan untuk transportasi dari pohon berdiri sampai kayu gergajian menjadi tinggi sehingga tidak efisien untuk dilaksanakan.

3. Persamaan-persamaan *merchantable volume*

Honer (1967) dan Burkhart (1977) dalam Byrne dan Reed (1986) menyatakan bahwa pendugaan volume berbagai limit *merchantable* telah disempurnakan dalam banyak cara, tetapi hanya 2 cara yang umum. Pertama ialah dengan



mengembangkan persamaan rasio volume yang menduga *merchantable volume* sebagai persentase dari volume pohon total.

Selanjutnya Kozak dan Others (1969) dalam Byrne dan Reed (1986) menambahkan suatu persamaan yang ditetapkan berdasarkan taper batang. Integrasi persamaan taper dari permukaan tanah sampai ketinggian tertentu akan memberikan suatu pendugaan *merchantable volume* pada ketinggian tertentu.

Model rasio volume dikembangkan untuk menduga rasio *merchantable volume* dan volume total. Bentuk batang memberikan pengaruh yang besar terhadap *merchantable volume*, sehingga dengan mempelajari taper pohon yang menghasilkan persamaan taper, yang jika diintegrasikan dapat digunakan untuk menduga *merchantable volume* pada beberapa titik pada batang utama pohon (Cao *et al*, 1980).

Matney dan Sullivan (1982) dalam Byrne dan Reed (1986) mengemukakan rumus umum model rasio volume untuk menduga *merchantable volume* sebagai berikut :

$$M_s(t_s) = V_s R_s(t_s)$$

di mana,

- $M_s(t_s)$ = *merchantable volume* sampai diameter ujung atau tinggi tertentu,
- s = subskrip untuk volume atau diameter dengan kulit atau tanpa kulit, jika $s = 0$ variabel tersebut dengan kulit, dan jika $s = 1$ variabel tanpa kulit,
- t_s = diameter ujung atau tinggi tertentu,
- V_s = volume pohon total,
- $R_s(t_s)$ = Rasio antara *merchantable volume* [$M_s(t_s)$] dengan total volume (V_s) pada beberapa diameter ujung atau tinggi tertentu.

Beberapa pendekatan untuk menduga *merchantable volume* yang dikelompokkan menurut model rasio volume dan integrasi persamaan taper antara lain adalah sebagai berikut :

1. Model Rasio Volume

- Honer (1967) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\left(\frac{v}{V} - 1\right) = b_1 \left(\frac{h}{H} - 1\right) + b_2 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1\right) \dots\dots\dots (1)$$

- Burkhart (1977) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\frac{v'}{V'} = 1 + b_1 \left(\frac{d^{b_2}}{D^{b_3}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

- Modified Burkhart (Cao *et al*, 1980)

$$\frac{v'}{V'} = 1 + b_1 \frac{(H-h)^{b_2}}{H^{b_3}} \dots\dots\dots (3)$$

- Polynomial model (Cao *et al*, 1980)

$$\left(\frac{v}{V} + z - 1 \right) = b_2(z^2 - z) + b_3(z^3 - z) + b_4(z^4 - z) + b_5(z^5 - z) + b_6(z^6 - z) \dots\dots (4)$$

- Polynomial model (Cao *et al*, 1980)

$$\left(\frac{v}{V} - 1 \right) = b_1 \left(\frac{d}{D} \right) + b_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 + b_3 \left(\frac{d}{D} \right)^3 + b_4 \left(\frac{d}{D} \right)^4 + b_5 \left(\frac{d}{D} \right)^5 + b_6 \left(\frac{d}{D} \right)^6 \dots\dots (5)$$

2. Persamaan Taper

- Kozak dan Others (1969) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) + b_2 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right) \dots\dots\dots (6)$$

- Goulding dan Murray (1976) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\left(\frac{d^2 KH}{V} - 2z \right) = b_1(3z^2 - 2z) + b_2(4z^3 - 2z) + b_3(5z^4 - 2z) + b_4(6z^5 - 2z) \dots\dots (7)$$

di mana :

- b_i = koefisien regresi diduga dari sampel data,
- D = diameter setinggi dada (cm),
- d = diameter ujung dengan kulit (ob) atau tanpa kulit (ib),
- H = tinggi total (m),
- h = tinggi dari atas tanah sampai diameter ujung (d), atau batas tinggi yang dapat dimanfaatkan (m),
- K = $\pi / 40.000$, konstanta yang menjadi basal area (m²) jika dikalikan dengan D²,
- V = volume total dari atas tanah (ob atau ib) dalam m³,
- V' = volume total dari atas tunggak (ob atau ib) dalam m³,
- v = volume dari atas tanah sampai diameter ujung atau tinggi tertentu (m³),
- v' = *merchantable volume* dari atas tunggak sampai diameter ujung atau tinggi tertentu (m³),
- z = (H-h)/H, proporsi tinggi pohon *unmerchantable*



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

III. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN

A. Letak dan Luas

Areal kerja HPH PT. International Timber Corporation Indonesia (PT. ITCI) termasuk pada Kelompok Hutan Sungai Jembayan dan sekitarnya. Luas keseluruhan areal kerja HPH PT. ITCI berdasarkan SK HPH No. 149/Kpts-II/1993 tanggal 27 Februari 1993 adalah 283.000 ha, yang terbagi atas 130.000 ha Hutan Produksi Tetap, 95.000 ha Hutan Produksi Terbatas dan 58.000 ha Hutan Produksi Konversi yang di dalamnya terdapat hutan rawa seluas 42.475 ha dan hutan tanah kering seluas 15.525 ha.

Secara geografis wilayah HPH PT. ITCI terletak di antara $116^{\circ}17'$ - $117^{\circ}16'$ BT dan $0^{\circ}20'$ - $1^{\circ}18'$ LS. Berdasarkan pembagian wilayah administrasi pemerintahan, wilayah ini termasuk Pemerintah Daerah Tingkat II Kabupaten Pasir dan Kabupaten Kutai, Propinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Timur. Sedangkan menurut wilayah administrasi kehutanan, areal HPH PT. ITCI termasuk Cabang Dinas Kehutanan Balikpapan dan Cabang Dinas Kehutanan Mahakam Tengah, Dinas Kehutanan Propinsi Daerah Tingkat I Kalimantan Timur dan Kantor Wilayah Departemen Kehutanan Propinsi Kalimantan Timur.

Areal Kerja HPH PT. ITCI berbatasan sebelah Utara dengan Sungai Mahakam, sebelah Timur dengan Sungai Loa Haur dan Sungai Sepaku serta PT. ITCI Hutani Manunggal (PT. IHM), sebelah Selatan dengan Teluk Balikpapan dan HPH PT. BFI, serta sebelah Barat dengan Sungai Bongan.

B. Topografi dan Jenis Tanah

Keadaan topografi areal penelitian sebagian besar berbukit ringan dengan kelerengan rata-rata 10 - 25%, sebelah Utara bergelombang ringan 5 - 10% dengan rata-rata ketinggian 300 - 550 m dari permukaan laut. Jenis tanah utama pada daerah ini adalah podsolik merah kuning (73,42%), selebihnya ialah aluvial (4,88%), organosol (4,47%) dan sebesar 17,24% tanah di daerah rawa dalam atau danau belum diketahui jenis tanahnya.

C. Iklim

Tipe iklim menurut klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson termasuk ke dalam type A dengan nilai Q antara 0 - 14,3% dengan nilai curah hujan rata-rata di wilayah Kenangan 148 mm/bulan, Meratus 179 mm/bulan dan Sepaku 266 mm/bulan. Umumnya pada musim penghujan curah hujan relatif cukup tinggi yang jatuh pada bulan Nopember sampai Mei, dengan temperatur rata-rata pada siang hari antara 30° C - 32.5° C dan pada malam hari 23° C - 24° C.

D. Keadaan Vegetasi

Tipe vegetasi pada hutan di areal HPH PT. ITCI sebagian besar termasuk ke dalam hutan bukit yang meliputi dataran rendah kering berbukit dan pegunungan di mana sebagian besar pohon yang tumbuh didominir oleh jenis-jenis Dipterocarpaceae terutama jenis meranti (*Shorea* sp.), kapur (*Dryobalanops* sp.), keruing (*Dipterocarpus* sp.), bangkirai (*Shorea laevifolia*) serta bermacam-macam jenis pohon lainnya non Dipterocarpaceae. Sebagian kecil daerah berawa yang sering tergenang air dengan tanahnya yang asam sebagian besar ditumbuhi oleh jenis-jenis perupuk, medang dan lain-lain.



IV. METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di areal HPH PT. International Timber Corporation Indonesia (PT. ITCI), Kalimantan Timur selama 4 minggu, dari tanggal 15 April sampai dengan 11 Mei 1995.

B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah pohon jenis kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.). Beberapa dimensi yang diukur dari pohon berdiri ialah diameter setinggi dada serta tinggi pohon bebas cabang, sedangkan dimensi yang diukur pada pohon rebah (setelah pohon ditebang) ialah diameter pangkal dan ujung masing-masing seksi serta tebal kulit.

C. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah Spiegel Relaskop Bitterlich (pengukur tinggi pohon), bark gauge (pengukur tebal kulit), phi-band dan pita ukur, alat hitung (kalkulator), tally sheet serta perangkat pengolah data (komputer).

D. Metode Penelitian

1. Pemilihan pohon model

Pohon model dipilih dari pohon-pohon yang terdapat pada lokasi penelitian yang sedang diusahakan (pohon rebah setelah penebangan). Dalam hal ini pemilihan pohon model dilakukan secara *purposive sampling* dengan pertimbangan sebaran kelas diameter pohon. Kelas diameter pohon ditentukan dengan mengelompokkan diameter-diameter pohon setinggi dada dengan interval kelas diameter 10 cm.

2. Pengukuran pohon model

Pengukuran diameter setinggi dada dengan kulit dilakukan pada pohon berdiri dengan menggunakan alat ukur phi-band pada ketinggian 1.30 m dari atas tanah atau 20 cm di atas banir bila pohon berbanir di atas 1.10 m. Pengukuran

tinggi batang bebas cabang dilakukan dengan Spiegel Relascop Bitterlich pada pohon berdiri.

Selanjutnya dimensi-dimensi yang diukur setelah pohon ditebang (pohon rebah) ialah panjang dari pangkal batang hingga pangkal tajuk (bebas cabang), diameter ujung dan pangkal tiap seksi dengan dan tanpa kulit, panjang masing-masing seksi dan tinggi tunggak. Panjang setiap seksi batang pohon berkisar antara 1 sampai 2 m dengan mempertimbangkan tingkat pengurangan diameter pohon model tersebut dari pangkal sampai bebas cabang.

3. Analisis data

a. Perhitungan volume pohon contoh

Untuk menghitung volume aktual tiap pohon contoh, dilakukan dengan cara menjumlahkan volume seksi-seksi batang yang membentuknya untuk mendapatkan volume batang bebas cabang dan volume batang sampai diameter ujung tertentu. Volume seksi batang dihitung dengan menggunakan rumus Smalian.

b. Penyusunan model penduga

Data-data yang didapat berupa volume batang bebas cabang dan volume batang sampai diameter ujung tertentu dengan dan tanpa kulit, dbh, tinggi bebas cabang, diameter ujung serta tinggi batang sampai diameter ujung tertentu kemudian dianalisis secara statistik untuk mendapatkan persamaan regresi, yaitu :

b.1. Model penduga volume batang bebas cabang dengan atau tanpa kulit

Untuk memperoleh bentuk persamaan yang tepat dilakukan pengujian terhadap beberapa model di bawah :

$$V = b_0 + b_1 d^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d \dots\dots\dots (10)$$



$$V = b_0 + b_1 d^2 h \dots\dots\dots (11)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h \dots\dots\dots (12)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h) \dots\dots\dots (13)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h \dots\dots\dots (14)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h + b_5 h \dots\dots\dots (15)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log^2 d + b_3 \log h + b_4 \log^2 h \dots\dots\dots (16)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h \dots\dots\dots (17)$$

di mana :

- V = volume batang bebas cabang
- d = diameter setinggi dada
- h = tinggi batang bebas cabang
- b_i = konstanta, i = 0, 1, 2,

b.2. Model penduga volume batang sampai tinggi tertentu

Persamaan volume batang sampai tinggi tertentu dengan dan tanpa kulit didasarkan pada persamaan (1), (3), (4) serta hasil integrasi persamaan (6) dan (7) dengan penyesuaian notasi-notasi dalam kaitannya dengan bentuk batang *deliquescent* dari jenis *Shorea johorensis* Foxw.

- Honer (1967) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\left(\frac{v}{V} - 1\right) = b_1 \left(\frac{h'}{H'} - 1\right) + b_2 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1\right) \dots\dots\dots (1)$$

- Modified Burkhart (Cao *et al*, 1980)

$$\frac{v}{V} = 1 + b_1 \frac{(H - h)^{b_2}}{H^{b_3}} \dots\dots\dots (3)$$

- Polynomial Model (Cao *et al*, 1980)

$$\left(\frac{v}{V} + z - 1\right) = b_2(z^2 - z) + b_3(z^3 - z) + b_4(z^4 - z) + b_5(z^5 - z) + b_6(z^6 - z) \dots\dots\dots (4)$$

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

- Kozak dan Others (1969) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) + b_2 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right) \dots \dots \dots (6)$$

- Goulding and Murray (1976) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\left(\frac{d^2 KH}{V} - 2z \right) = b_1 (3z^2 - 2z) + b_2 (4z^3 - 2z) + b_3 (5z^4 - 2z) + b_4 (6z^5 - 2z) \quad (7)$$

b.3. Model penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu

Persamaan volume batang sampai diameter ujung tertentu dengan dan tanpa kulit didasarkan pada persamaan (2) dan (5), yaitu sebagai berikut :

- Burkhart (1977) dalam Byrne dan Reed (1986)

$$\frac{v}{V} = 1 + b_1 \left(\frac{d^{b_2}}{D^{b_3}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

- Polynomial Model (Cao *et al*, 1980)

$$\left(\frac{v}{V} - 1 \right) = b_1 \left(\frac{d}{D} \right) + b_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2 + b_3 \left(\frac{d}{D} \right)^3 + b_4 \left(\frac{d}{D} \right)^4 + b_5 \left(\frac{d}{D} \right)^5 + b_6 \left(\frac{d}{D} \right)^6 \dots (5)$$

Notasi-notasi dari persamaan-persamaan (1) sampai (7) adalah sebagai berikut :

- b_i = koefisien regresi diduga dari sampel data,
- D = diameter setinggi dada (cm),
- d = diameter ujung dengan kulit (ob) atau tanpa kulit (ib) dalam cm,
- H = tinggi bebas cabang dari atas tanah (m),
- H' = tinggi bebas cabang dari atas tunggak (m),
- h = tinggi dari atas tanah sampai diameter ujung (d), atau batas tinggi yang dapat dimanfaatkan (m),
- h' = tinggi dari atas tunggak sampai diameter ujung (d) dalam m,
- K = $\pi / 40.000$, konstanta yang menjadi basal area (m^2) jika dikalikan dengan D^2 ,
- V = volume bebas cabang dari atas tunggak (ob atau ib) dalam m^3 ,
- v = volume dari atas tunggak sampai diameter ujung atau tinggi tertentu (m^3),
- z = $(H' - h') / H'$, proporsi tinggi pohon *unmerchantable*

c. Uji keterandalan model

Pengujian keterandalan model dimaksudkan untuk memilih sejumlah model yang dianggap paling baik dari setiap cara pendekatan yang dilakukan. Beberapa kriteria yang dipakai sebagai dasar dalam penilaian keterandalan model ini adalah sebagai berikut :

- Tingkat ketelitian dan keamatan hubungan yang didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2). Nilai R^2 yang makin besar mencerminkan makin besar pula total keragaman yang dapat diterangkan oleh regresinya, yang berarti bahwa regresi yang diperoleh semakin baik.
- Koefisien determinasi terkoreksi (R^2 adjusted), merupakan koefisien determinasi yang sudah dikoreksi oleh derajat bebas dari Jumlah Kuadrat Sisa (JKS) dan Jumlah Kuadrat Terkecil atau JKT-nya. Kelebihan dari besaran ini ialah dapat dipakai untuk membandingkan keterandalan model-model dari beberapa model yang memiliki banyak peubah bebas yang berbeda.
- Besarnya peluang untuk menolak H_0 padahal H_0 benar didasarkan data yang ada (nilai-p) pada pengujian koefisien regresi. Persamaan regresi hanya dapat berarti bila sedikitnya ada satu β dari $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ yang tidak bernilai nol. Apabila hal ini tidak dapat dipenuhi, maka peubah-peubah bebas x tidak dapat dipakai untuk menduga peubah tak bebas y . Ukuran dari keterandalan pengujian hipotesis ini biasanya dicirikan oleh besarnya nilai-p, yaitu besarnya peluang untuk menolak H_0 (diterima H_1) padahal sesungguhnya H_0 yang benar. Adapun kriterium uji keterandalan menurut besaran ini adalah apabila nilai-p kurang dari 5% model cukup terandalan dan apabila lebih dari 5% model tidak cukup terandalan.
- Hasil uji keberartian peranan peubah bebas terhadap peubah tak bebasnya dengan uji-F. F_{hitung} yang diperoleh dibandingkan dengan F_{tabel} pada tingkat nyata yang ditentukan untuk mengetahui keberartian persamaan regresi. Uji keberartian regresi linier dilakukan dengan hipotesa dan kriteria sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \text{setidaknya ada satu } \beta_1 \neq 0$$

$$F_{\text{hitung}} \begin{cases} < F_{\text{tabel}} \rightarrow \text{terima } H_0 \\ > F_{\text{tabel}} \rightarrow \text{terima } H_1 \end{cases}$$

d. Pengujian keakuratan dan ketelitian hasil pendugaan model-model

Tingkat keakuratan pendugaan volume dari model yang disusun ditentukan dari besarnya nilai simpangan rata-rata (SR) dan simpangan agregatif (SA). Perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif dilakukan per rasio tinggi batang tertentu terhadap tinggi bebas cabangnya pada tiap model yang disusun.

Nilai-nilai di atas diperoleh melalui pengujian dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{- Simpangan rata-rata} : SR = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{V_{ai} - V_{ti}}{V_{ti}} \right|}{N} \times 100\%$$

$$\text{- Simpangan agregatif} : SA = \frac{\left| \sum_{i=1}^N V_{ti} - \sum_{i=1}^N V_{ai} \right|}{\sum_{i=1}^N V_{ti}} \times 100\%$$

di mana :

V_{ai} = volume batang aktual ke-i yang diperoleh dengan menggunakan rumus Smallian,

V_{ti} = volume batang duga ke-i yang diperoleh dengan menggunakan model penduga volume batang,

N = jumlah batang.

Model persamaan penduga volume pohon dikatakan baik jika besar simpangan rata-rata tidak lebih dari 10% dan simpangan agregatif tidak lebih dari 1% (Spurr, 1952). Di luar ketentuan tersebut model yang dihasilkan dinilai tidak layak untuk digunakan.



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data

Pohon contoh yang terpilih berjumlah 66 pohon yang terbagi menjadi 992 seksi batang. Pohon contoh tersebut diambil dari areal TPTI untuk diameter di atas 50 cm dan areal TJTI untuk diameter 20 - 49 cm. Secara keseluruhan, sebaran pohon berdasarkan kelas diameter setinggi dada serta kelas tinggi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran Pohon Contoh Menurut Diameter Setinggi Dada dan Tinggi Bebas Cabang

Dbh (cm)	Tinggi pohon bebas cabang (m)											Jumlah
	10.0-12.9	13.0-15.9	16.0-18.9	19.0-21.9	22.0-24.9	25.0-27.9	28.0-30.9	31.0-33.9	34.0-36.9	37.0-39.9	40.0-42.9	
20,0 - 29.9	1	7	3									10
30.0 - 39.9	1	1	3	3		1						9
40.0 - 49.9	1	2		1	2				1			7
50.0 - 59.9					3	2						5
60.0 - 69.9					1			1	2			4
70.0 - 79.9				1		1	3			1	1	7
80.0 - 89.9							1	3			1	5
90.0 - 99.9						2		2			1	5
100.0 - 109.9							4	1	1	1		7
110.0 - 119.9						1	1		1			3
120.0 - 129.9								2				2
130.0 - 139.9								1				1
Jumlah	3	10	6	5	6	7	9	10	5	2	3	66

B. Penyusunan Model

1. Penyusunan model penduga volume batang bebas cabang

Hasil pengujian terhadap beberapa bentuk persamaan penduga volume batang bebas cabang yang menggunakan V (volume bebas cabang) sebagai peubah terikat dengan D (diameter setinggi dada) dan H (tinggi bebas cabang) sebagai peubah bebas dapat disajikan pada Tabel 2 untuk volume batang bebas cabang dengan kulit dan Tabel 3 untuk volume batang bebas cabang tanpa kulit. Hasil pengujian ditunjukkan oleh nilai-nilai koefisien determinasi (R^2), koefisien deter-

minasi terkoreksi atau $R^2_{(adj)}$, simpangan baku (Se), dan F_{hitung} dari masing-masing persamaan yang diuji.

Tabel 2. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Galat Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Volume Batang Bebas Cabang dengan Kulit yang Diuji

Model	R^2	$R^2_{(adj)}$	Se	F_{hitung}
$V_{ob} = -0.749 + 0.00174D^2$	97.5	97.4	1.353	2456.80
$V_{ob} = -0.841 + 0.0031 D + 0.00172D^2$	97.5	97.4	1.364	1209.47
$V_{ob} = 0.116 + 0.000052D^2H$	98.2	98.1	1.153	3410.93
$V_{ob} = -0.412 + 0.0065H + 0.000687D^2 + 0.000031D^2H$	98.6	98.5	1.032	1424.65
$V_{ob} = 0.80 - 0.0689D + 0.00130D^2 + 0.000016D^2H + 0.00140DH$	98.6	98.5	1.032	1069.31
$V_{ob} = 0.28 + 0.025H + 0.053D + 0.00118D^2 + 0.000021D^2H + 0.00069DH$	98.6	98.5	1.040	841.97
$\log V_{ob} = -3.70 + 2.46 \log D$	98.3	98.3	0.07737	3650.84
$\log V_{ob} = -4.05 + 2.04 \log D + 0.794 \log H$	99.6	99.6	0.03853	7458.69
$\log V_{ob} = -4.11 + 0.968 \log D^2H$	99.5	99.5	0.04105	13134.42
$\log V_{ob} = -4.37 + 1.85 \log D + 1.52 \log H + 0.054 \log^2 D - 0.265 \log^2 H$	99.6	99.6	0.03878	3681.01

Tabel 3. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Galat Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Kulit yang Diuji

Model	R^2	$R^2_{(adj)}$	Se	F_{hitung}
$V_{ib} = -0.766 + 0.00165 D^2$	97.4	97.4	1.298	2408.30
$V_{ib} = -0.864 + 0.0033 D + 0.00163 D^2$	97.4	97.3	1.308	1185.66
$V_{ib} = 0.056 + 0.000049 D^2H$	98.1	98.1	1.111	3307.83
$V_{ib} = -0.446 + 0.0062 H + 0.000654 D^2 + 0.000030 D^2H$	98.5	98.4	0.998	1371.85
$V_{ib} = 0.76 - 0.0703 D + 0.00128 D^2 + 0.000014D^2H + 0.00145 DH$	98.5	98.4	0.997	1031.62
$V_{ib} = 0.99 - 0.011 H - 0.077 D + 0.00134 D^2 + 0.000012 D^2H + 0.00177 DH$	98.5	98.4	1.005	811.88
$\log V_{ib} = -3.82 + 2.51 \log D$	98.3	98.3	0.079	3659.16
$\log V_{ib} = -4.18 + 2.09 \log D + 0.796 \log H$	99.5	99.5	0.041	6793.32
$\log V_{ib} = -4.24 + 0.988 \log D^2H$	99.5	99.5	0.044	11870.37
$\log V_{ib} = -4.67 + 2.16 \log D + 1.45 \log H - 0.021 \log^2 D - 0.242 \log^2 H$	99.5	99.5	0.042	3336.16

$F\text{-tabel}_{0.01}(1, 64) = 7.08$ $F\text{-tabel}_{0.01}(4, 61) = 3.65$ $F\text{-tabel}_{0.01}(3, 62) = 4.13$
 $F\text{-tabel}_{0.01}(2, 63) = 4.98$ $F\text{-tabel}_{0.01}(5, 60) = 3.34$

Hasil pengujian terhadap beberapa bentuk persamaan yang menggunakan variabel V_{ib} , V_{ob} , D , dan H di atas, berupa perhitungan sidik ragam pada koefisien-koefisien yang terbentuk diperoleh nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} pada tingkat kepercayaan 99% untuk semua persamaan. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian tersebut maka hipotesa pertama, yaitu persamaan volume batang bebas cabang dapat disusun berdasarkan hubungan antara diameter setinggi dada dan tinggi bebas cabang dapat diterima.

Selanjutnya berdasarkan hasil pengujian terhadap beberapa bentuk persamaan penduga volume batang bebas cabang, ternyata bentuk *Schumacher - Hall*, yaitu persamaan (18) untuk penduga volume batang bebas cabang dengan kulit dan persamaan (19) untuk penduga volume batang bebas cabang tanpa kulit adalah yang paling tepat. Hal ini ditunjukkan oleh nilai $R^2_{(adj)}$ dan R^2 yang paling tinggi serta simpangan baku yang paling rendah yang dimiliki oleh kedua persamaan tersebut dibandingkan beberapa bentuk persamaan lainnya.

Secara lengkap bentuk persamaan penduga volume batang bebas cabang dengan dan tanpa kulit terpilih, berturut-turut ialah sebagai berikut :

$$\log V_{ob} = -4.05 + 2.04 \log D + 0.794 \log H \dots\dots\dots (18)$$

$$\log V_{ib} = -4.18 + 2.09 \log D + 0.796 \log H \dots\dots\dots (19)$$

Berdasarkan nilai koefisien determinasi dan simpangan baku untuk persamaan (18) yaitu sebesar 99,6% dan 0,03853 serta 99,5% dan 0,04120 untuk persamaan (19) menunjukkan bahwa keragaman pada variabel terikat (V_{ob} dan V_{ib}) dapat diterangkan oleh variabel-variabel bebasnya (D , H) pada tingkat kepercayaan 99%. Dengan demikian kedua bentuk persamaan di atas cukup terandalkan untuk digunakan sebagai persamaan penduga volume batang bebas cabang dengan kulit dan tanpa kulit di daerah penelitian.

Volume batang bebas cabang yang diduga dari persamaan-persamaan di atas digunakan untuk menduga volume batang bebas cabang pada pendekatan model rasio volume yang memberikan pendugaan terhadap rasio antara volume sampai diameter ujung atau tinggi tertentu dengan volume batang bebas cabang.



2. Penyusunan model penduga volume batang sampai tinggi tertentu

Seperti telah dikemukakan bahwa pendekatan model rasio volume serta integrasi persamaan taper digunakan untuk menyusun model penduga volume batang sampai tinggi tertentu. Secara lengkap, model-model yang dianalisis disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Model Rasio Volume dan Integrasi Fungsi Taper Sebagai Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu dengan Kulit

Jenis Model	Bentuk Model
Rasio volume	
Honer	$\frac{v_{ob}}{V_{ob}} - 1 = 1.38453 \left(\frac{h'}{H'} - 1 \right) - 0.383 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1 \right)$
Modified Burk-hart	$\log 1 - \frac{v_{ob}}{V_{ob}} = -0.0248 + 1.17 \log(H - h) - 1.15 \log H$
Polynomial	$\frac{v_{ob}}{V_{ob}} + z - 1 = -0.47596(z^2 - z) + 0.11165(z^4 - z) - 0.04899(z^6 - z)$
Persamaan Taper	
Kozak and others	$\frac{d_{ob}^2}{D^2} = 0.454 - 0.510 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) - 0.0630 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right)$
Goulding and Murray	$\frac{d_{ob}^2 KH'}{V_{ob}} - 2z = 0.0403 - 8.5122(3z^2 - 2z) + 8.2458(4z^3 - 2z) - 2.8802(5z^4 - 2z)$

Tabel 5. Model Rasio Volume dan Integrasi Fungsi Taper Sebagai Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu Tanpa Kulit

Jenis Model	Bentuk Model
Rasio volume	
Honer	$\frac{v_{ib}}{V_{ib}} - 1 = 1.39113 \left(\frac{h'}{H'} - 1 \right) - 0.38951 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1 \right)$
Modified Burk-hart	$\log 1 - \frac{v_{ib}}{V_{ib}} = -0.0344 + 1.18 \log(H - h) - 1.15 \log H$
Polynomial	$\frac{v_{ib}}{V_{ib}} + z - 1 = -0.483(z^2 - z) + 0.112(z^4 - z) - 0.0485(z^6 - z)$
Persamaan Taper	
Kozak and others	$\frac{d_{ib}^2}{D^2} = 0.415 - 0.465 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) - 0.0730 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right)$
Goulding and Murray	$\frac{d_{ib}^2 KH'}{V_{ib}} - 2z = 0.04004 - 8.4352(3z^2 - 2z) + 8.1729(4z^3 - 2z) - 2.8551(5z^4 - 2z)$



Hasil pengujian keterandalan model terhadap beberapa persamaan berdasarkan model rasio volume dan persamaan taper yang disajikan ke dalam nilai-nilai koefisien determinasi (R^2), koefisien determinasi terkoreksi (R^2 adjusted), nilai-p, simpangan baku (Se), serta nilai F_{hitung} dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu dengan Kulit yang Diuji

Model	R2	R2(adj)	Nilai-p	Se	Fhitung
<u>Rasio Volume</u>					
Honer	99.8	99.8	0.000	0.02170	278483.53
Modified Burkhardt	97.9	97.9	0.000	0.06765	21056.35
Polynomial	90.3	90.2	0.000	0.02164	3056.91
<u>Persamaan Taper</u>					
Kozak and Other	74.0	73.9	0.000	0.1009	1406.42
Goulding and Murray	73.5	73.4	0.000	0.2062	914.47

$$F\text{-tabel}_{0,01} (2, 990) = 4.61$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (2, 923) = 4.61$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (3, 989) = 3.78$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (3, 988) = 3.78$$

Tabel 7. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Tinggi Tertentu Tanpa Kulit yang Diuji

Model	R2	R2(adj)	Nilai-p	Se	Fhitung
<u>Rasio Volume</u>					
Honer	99.8	99.8	0.000	0.02238	260941.64
Modified Burkhardt	97.7	97.7	0.000	0.07050	19555.63
Polynomial	90.0	90.0	0.000	0.02232	2969.32
<u>Persamaan Taper</u>					
Kozak and Other	72.9	72.8	0.000	0.09757	1330.88
Goulding and Murray	73.1	73.0	0.000	0.2065	894.01

$$F\text{-tabel}_{0,01} (2, 990) = 4.61$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (2, 923) = 4.61$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (3, 989) = 3.78$$

$$F\text{-tabel}_{0,01} (3, 988) = 3.78$$

Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 6 dan Tabel 7, maka hipotesa yang menyatakan bahwa persamaan volume batang dengan kulit dan tanpa kulit sampai tinggi tertentu dapat disusun berdasarkan model rasio volume dan model integrasi persamaan taper dapat diterima. Pada Tabel 6 dan Tabel 7 di atas terlihat jelas bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) dan $R^2_{(adj)}$ untuk semua model cukup tinggi sehingga keragaman peubah tak bebas dapat diterangkan oleh variabel-variabel bebasnya. Demikian pula nilai-p untuk semua model bernilai kurang dari 5% sehingga model-model tersebut cukup dapat diandalkan.

Dari perhitungan analisa sidik ragam pada koefisien-koefisien yang terbentuk diperoleh nilai F_{hitung} yang lebih besar daripada F_{tabel} , dengan demikian model-model tersebut dapat digunakan secara statistik dalam kaitannya dengan penggunaan hubungan peubah bebas terhadap peubah tak bebas yang diterapkan.

Setelah ditetapkan bahwa semua model pada Tabel 4 dan Tabel 5 di atas dapat diandalkan, maka dapat disusun model-model penduga volume batang dengan kulit sampai tinggi tertentu, sebagai berikut :

- Model Honer

$$v_{ob} = \left[1.38453 \left(\frac{h'}{H'} - 1 \right) - 0.38298 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1 \right) + 1 \right] V_{ob} \dots\dots\dots (20)$$

- Model Modified Burkhart

$$v_{ob} = \left[1 - 0.944496(H - h)^{1.17215} H^{-1.15023} \right] V_{ob} \dots\dots\dots (21)$$

- Model Polynomial

$$v_{ob} = \left(1 - 0.5867z - 0.47596z^2 + 0.11165z^4 - 0.04899z^6 \right) V_{ob} \dots\dots\dots (22)$$

Berdasarkan asumsi yang menyatakan bahwa pohon merupakan benda putar sempurna yang berjari-jari tegak lurus sumbu-x dan panjang batang tegak lurus sumbu-y, maka persamaan taper yang diperoleh jika diintegalkan akan menghasilkan persamaan penduga volume batang. Demikian pula halnya untuk jenis *Shorea johorensis* Foxw. asumsi tersebut dapat diterapkan pula.



Secara umum, integrasi untuk memperoleh volume suatu benda yang diputar adalah sebagai berikut :

$$V = \pi \int_{h_1}^{h_2} \left(\frac{1}{2}d\right)^2 dh$$

Dengan demikian integrasi persamaan taper Kozak (1969) pada Tabel 4 untuk menghasilkan volume batang dengan kulit sampai tinggi tertentu adalah :

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi \int_{h_1}^{h_2} \left[0.453729 - 0.51043 \left(\frac{h}{H} - 1\right) - 0.06295 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1\right) \right] D^2 dh \dots (23)$$

sehingga,

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left[1.027109 \frac{h}{H} - 0.255215 \left(\frac{h}{H}\right)^2 - 0.0209833 \left(\frac{h}{H}\right)^3 \right] \Bigg|_{h_1}^{h_2} \dots (24)$$

Sedangkan persamaan Goulding dan Murray (1976) adalah :

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi \int_{h_1}^{h_2} \left[0.04032 - 85122(3z^2 - 2z) + 8.2458(4z^3 - 2z) - 2.8802(5z^4 - 2z) + 2z \right] \frac{V_{ob}}{KH} dh \dots (25)$$

sehingga,

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi \frac{V_{ob}}{K} \left(137942 \frac{h'}{H} + 0.7172 \left(\frac{h'}{H}\right)^2 - 4.331 \left(\frac{h'}{H}\right)^3 + 6.1552 \left(\frac{h'}{H}\right)^4 - 2.8802 \left(\frac{h'}{H}\right)^5 \right) \Bigg|_{h_1}^{h_2} \dots (26)$$

Seperti halnya model-model penduga volume batang dengan kulit sampai tinggi tertentu yang disusun berdasarkan model-model pada Tabel 4, maka berdasarkan Tabel 5 model penduga volume batang tanpa kulit sampai tinggi tertentu dapat disusun dengan model sebagai berikut :

- Model Honer

$$v_{ib} = \left[1.39113 \left(\frac{h'}{H'} - 1\right) - 0.38951 \left(\frac{h'^2}{H'^2} - 1\right) + 1 \right] V_{ib} \dots (27)$$

- Model Modified Burkhardt

$$v_{ib} = \left[1 - 0.923868(H - h)^{1.17726} H^{-1.14856} \right] V_{ib} \dots (28)$$

- Model Polynomial

$$v_{ib} = \left[1 - 0.57997z - 0.48299z^2 + 0.11150z^4 - 0.04854z^6 \right] V_{ib} \dots (29)$$

Hasil integrasi persamaan taper Kozak (1969) pada Tabel 5 untuk menghasilkan model penduga volume batang tanpa kulit sampai tinggi tertentu adalah :

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi \int_{h_1}^{h_2} \left[0.415254 - 0.46501 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) - 0.07296 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right) \right] D^2 dh \dots\dots\dots (30)$$

sehingga,

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left(0.953224 \frac{h}{H} - 0.232505 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0.02432 \left(\frac{h}{H} \right)^3 \right) \Bigg|_{h_1}^{h_2} \dots\dots\dots (31)$$

Sedangkan persamaan Goulding dan Murray (1976) adalah :

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi \int_{h_1}^{h_2} \left[0.04004 - 8.4352(3z^2 - 2z) + 8.1729(4z^3 - 2z) - 2.8551(5z^4 - 2z) + 2z \right] \frac{V_{ib}}{KH} dh \dots\dots\dots (32)$$

sehingga,

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi \frac{V_{ib}}{K} \left(1.38534 \frac{h'}{H'} + 0.7018 \left(\frac{h'}{H'} \right)^2 - 4.2946 \left(\frac{h'}{H'} \right)^3 + 6.1026 \left(\frac{h'}{H'} \right)^4 - 2.8551 \left(\frac{h'}{H'} \right)^5 \right) \Bigg|_{h_1}^{h_2} \dots\dots\dots (33)$$

3. Penyusunan model penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu

Model rasio volume dalam persamaan (2) dan (5) digunakan sebagai dasar dalam penyusunan model penduga volume batang berdasarkan diameter ujung tertentu dengan kulit dan tanpa kulit. Secara lengkap model-model yang dianalisis disajikan dalam Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Model Rasio Volume Sebagai Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu dengan Kulit

Jenis Model	Bentuk Model
Burkhardt	$\log \left(1 - \frac{v_{ob}}{V_{ob}} \right) = -0.147 + 6.31 \log d_{ob} - 6.26 \log D$
Polynomial	$\frac{v_{ob}}{V_{ob}} - 1 = -0.960 + 9.78 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^2 - 12.9 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^3 + 3.26 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^5$

Tabel 9. Model Rasio Volume Sebagai Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu Tanpa Kulit

Jenis Model	Bentuk Model
Burkhardt	$\log \left(1 - \frac{v_{ib}}{V_{ib}} \right) = -0.160 + 6.35 \log d_{ob} - 6.29 \log D$
Polynomial	$\frac{v_{ib}}{V_{ib}} - 1 = -0.963 + 9.80 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^2 - 13.0 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^3 + 3.26 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^5$

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

Hasil pengujian keterandalan model penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu terhadap beberapa persamaan berdasarkan model rasio volume yang ditunjukkan oleh koefisien determinasi (R^2), koefisien determinasi terkoreksi (R^2_{adj}), nilai-p, simpangan baku (Se), dan F_{hitung} disajikan dalam Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu dengan Kulit yang Diuji

Model	R^2	$R^2_{(adj)}$	Nilai-p	Se	F_{hitung}
Burkhardt	74.3	74.2	0.000	0.2344	1331.20
Polynomial	80.7	80.6	0.000	0.1384	1373.27

$F_{tabel0.01}(2, 923) = 4.61$

$F_{tabel0.01}(3, 988) = 3.78$

Tabel 11. Koefisien Determinasi (R^2), $R^2_{(adj)}$, Nilai-p, Simpangan Baku (Se), dan F_{hitung} dari Persamaan Penduga Volume Batang sampai Diameter Ujung Tertentu Tanpa Kulit yang Diuji

Model	R^2	$R^2_{(adj)}$	Nilai-p	Se	F_{hitung}
Burkhardt	74.5	74.4	0.000	0.2345	1347.73
Polynomial	80.7	80.6	0.000	0.1383	1375.89

$F_{tabel0.01}(2, 923) = 4.61$

$F_{tabel0.01}(3, 988) = 3.78$

Dari Tabel 10 dan Tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai-nilai R^2 , $R^2_{(adj)}$, nilai-p, simpangan baku (Se), serta F_{hitung} untuk masing-masing model menunjukkan bahwa persamaan rasio volume pada kedua tabel di atas cukup dapat diandalkan. Adapun kriteria untuk masing-masing nilai telah dikemukakan di depan.

Berdasarkan kelima nilai pengujian tersebut maka hipotesa yang dibuat, yaitu persamaan volume batang dengan kulit maupun tanpa kulit sampai diameter ujung tertentu dapat disusun berdasarkan model rasio volume dapat diterima. Selanjutnya model-model penduga volume batang dengan kulit sampai diameter ujung tertentu dapat disusun sebagai berikut :

- Model Burkhardt

$$v_{ob} = [1 - 0.71305 d_{ob}^{6.3102} D^{-6.2560}] V_{ob} \dots\dots\dots(34)$$

- Model Polynomial

$$v_{ob} = \left[0.0396 + 9.7785 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^2 - 12.936 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^3 + 3.2582 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^5 \right] V_{ob} \dots\dots (35)$$

Adapun model penduga volume batang tanpa kulit sampai diameter ujung tertentu dapat disusun sebagai berikut :

- Model Burkhart

$$v_{ib} = \left[1 - 0.69240 d_{ob}^{6.3521} D^{-6.2903} \right] V_{ib} \dots\dots\dots (36)$$

- Model Polynomial

$$v_{ib} = \left[0.0371 + 9.8024 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^2 - 12.962 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^3 + 3.2638 \left(\frac{d_{ob}}{D} \right)^5 \right] V_{ib} \dots\dots (37)$$

C. Pengujian Keakuratan dan Ketelitian Hasil Pendugaan Model-Model

Data volume dugaan yang diperoleh melalui penggunaan model-model rasio volume dan integrasi persamaan taper dibandingkan dengan data volume aktual untuk mengukur besarnya simpangan rata-rata (SR) dan simpangan agregatif (SA) per rasio tinggi batang tertentu terhadap tinggi bebas cabangnya untuk tiap model yang disusun.

Hasil perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif untuk menguji keakuratan dan ketelitian hasil pendugaan model-model berdasarkan tinggi tertentu dengan kulit disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dan Integrasi Persamaan Taper dalam Menduga Volume Batang dengan Kulit Berdasarkan Tinggi Tertentu

Rasio (h/H)	Model Rasio Volume						Model Integrasi Fungsi Taper			
	Honer		Mod. Burkhart		Polynomial		Kozak		Goulding	
	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)
0.0-0.1	5.77	55.39	94.45	95.77	2.88	55.62	2.02	0.12	1.87	2.45
0.1-0.2	1.93	6.29	37.82	26.28	2.11	6.30	1.04	2.89	4.49	6.66
0.2-0.3	0.92	5.65	15.96	13.87	1.47	5.84	1.56	4.88	5.77	6.20
0.3-0.4	0.52	6.43	7.97	9.62	1.04	6.59	1.29	5.71	5.19	6.35
0.4-0.5	0.55	6.58	4.23	7.88	0.84	6.68	1.51	6.18	4.05	6.24
0.5-0.6	1.39	6.51	1.31	7.07	1.42	6.52	1.52	6.36	3.40	6.39
0.6-0.7	1.54	7.16	0.92	7.14	1.35	7.07	1.35	6.93	3.24	6.99
0.7-0.8	1.80	6.92	0.80	7.26	1.48	7.80	0.53	7.68	4.71	7.72
0.8-0.9	2.70	7.39	0.45	7.62	2.40	7.27	0.01	7.02	4.23	7.86
0.9-1.0	2.64	7.95	0.21	7.92	2.55	8.92	0.36	8.57	2.66	8.87

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian nilai-nilai simpangan rata-rata (SR) dan simpangan agregatif (SA) pada Tabel 12 di atas, terlihat adanya kecenderungan nilai SR dan SA yang cukup besar pada bagian tunggak atau pada ketinggian 10% dari tinggi bebas cabangnya untuk model-model rasio volume (model Honer, Modified Burkhart, dan Polynomial). Kecenderungan ini dikarenakan pada pangkal batang terutama bagian tunggak, bentuk batang relatif tidak silindris karena pengaruh banir dan keadaan ini berlaku pula pada bagian batang selanjutnya sampai ketinggian 30% dari tinggi bebas cabangnya untuk model Modified Burkhart. Kondisi demikian terlihat dari besarnya nilai SR ($> 10\%$) dan SA ($> 1\%$) pada ketinggian tersebut. Selain itu, faktor yang menyebabkan tingginya nilai-nilai SR dan SA pada bagian tunggak tersebut ialah bentuk dari ketiga model itu sendiri, yang mana pada bagian tunggak sudah memiliki nilai (volume), padahal semestinya nilai volume batang pada bagian tunggak adalah 0 (nol).

Berdasarkan keadaan di atas, maka ketiga model rasio volume tersebut sampai ketinggian 10% dan 30% (untuk model Modified Burkhart) dari tinggi bebas cabang tidak layak digunakan. Selanjutnya untuk ketinggian di atasnya sampai tinggi bebas cabang, semua nilai simpangan rata-rata yang diperoleh ketiga model rasio volume tersebut memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Adapun nilai simpangan agregatif yang memenuhi kriteria ditunjukkan oleh model Honer pada ketinggian 20 - 50% dari tinggi bebas cabang, Modified Burkhart mulai ketinggian 60% dari tinggi bebas cabang dan model Polynomial pada ketinggian 40 - 50% dari tinggi bebas cabang.

Untuk memilih model terbaik, ketiga model rasio volume tersebut dibandingkan dengan kedua model integrasi persamaan taper (model Kozak dan Others serta model Goulding dan Murray). Kedua model tersebut memiliki nilai simpangan rata-rata yang memenuhi kriteria pada semua kelas ketinggian relatif. Namun yang lebih diperhatikan dari kedua model ini ialah model Kozak dan Others karena nilai SR untuk model ini secara keseluruhan lebih baik daripada nilai SR pada model Goulding dan Murray.



Berdasarkan nilai simpangan rata-rata, secara keseluruhan model integrasi persamaan taper Kozak dan Others memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan keempat model lainnya, karena selain memenuhi kriteria untuk semua kelas ketinggian relatif, nilai simpangan rata-rata yang dimiliki model ini relatif lebih baik dari simpangan rata-rata model lainnya. Namun nilai simpangan rata-rata yang cukup baik dari model Kozak dan Others ini kurang ditunjang oleh nilai simpangan agregatifnya, yang mana nilai SA yang kurang dari 1% hanya ditunjukkan mulai ketinggian 70% dari tinggi bebas cabang. Nilai SA pada kelas ketinggian relatif lainnya berkisar antara 1.04 sampai 1.56% dan 2.02% pada bagian tunggak. Nilai SA yang agak tinggi pada bagian tunggak masih bisa ditolerir berdasarkan bentuk tunggak yang jauh dari keadaan silindris. Sedangkan nilai SA antara 1.04 - 1.56% pada beberapa kelas ketinggian relatif kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan kecenderungan arah (trend) antara nilai aktual dan nilai dugaan pada perhitungan nilai simpangan agregatif, yaitu kemungkinan nilai aktual yang semakin naik sedangkan nilai dugaan yang semakin turun atau sebaliknya. Sungguhpun demikian, nilai simpangan agregatif yang relatif kurang baik tersebut kiranya dapat tertutupi oleh nilai simpangan rata-rata model tersebut, hal ini dikarenakan nilai simpangan rata-rata dapat lebih mencerminkan tingkat keakuratan dan ketelitian suatu model dibandingkan nilai simpangan agregatifnya, dalam hal ini simpangan rata-rata lebih menekankan besarnya simpangan per individu data, tidak per kelompok data seperti halnya pada perhitungan simpangan agregatif.

Dengan demikian dapat ditetapkan bahwa model integrasi persamaan taper Kozak dan Others memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian paling tinggi dalam menduga volume batang dengan kulit sampai ketinggian tertentu.

Selanjutnya hasil perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif untuk menguji keakuratan dan ketelitian hasil pendugaan model-model berdasarkan tinggi tertentu tanpa kulit disajikan pada Tabel 13.



Tabel 13. Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dan Integrasi Persamaan Taper dalam Menduga Volume Batang Tanpa Kulit Berdasarkan Tinggi Tertentu

Rasio (h/H)	Model Rasio Volume						Model Integrasi Fungsi Taper			
	Honer		Mod. Burkhart		Polynomial		Kozak		Goulding	
	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)
0.0-0.1	5.64	55.22	94.42	95.73	2.69	61.37	2.59	0.21	2.08	2.62
0.1-0.2	1.86	6.44	37.66	26.28	2.05	6.46	0.73	3.36	4.44	6.61
0.2-0.3	0.58	6.15	15.87	14.18	1.15	6.34	0.41	5.14	6.01	6.39
0.3-0.4	0.47	6.77	8.05	9.89	0.10	6.96	0.44	5.87	5.12	6.34
0.4-0.5	0.18	6.99	4.40	8.46	0.47	7.10	0.32	6.58	4.29	6.37
0.5-0.6	1.29	7.03	1.59	7.50	1.32	7.04	0.02	6.48	3.43	6.58
0.6-0.7	1.30	7.55	1.09	7.62	1.11	7.48	0.39	7.06	3.36	6.45
0.7-0.8	1.63	7.28	1.18	7.26	1.31	7.16	0.99	8.00	4.80	6.92
0.8-0.9	2.47	8.02	0.75	7.71	2.17	7.93	1.68	7.41	4.33	7.42
0.9-1.0	2.50	8.37	0.47	8.98	2.41	8.35	2.05	8.93	2.73	7.83

Hasil perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif seperti disajikan pada Tabel 13 untuk model-model rasio volume tanpa kulit menunjukkan keadaan yang sama dengan hasil perhitungan dan pengujian untuk model dengan kulit, di mana nilai SR-nya memenuhi kriteria mulai ketinggian 10% dan 30% (untuk model modified Burkhart) dari tinggi bebas cabangnya. Dengan demikian untuk kelas ketinggian relatif di bawahnya, model-model rasio volume ini tidak layak digunakan. Adapun nilai simpangan agregatif yang memenuhi syarat untuk ketiga model rasio volume ini, untuk model Honer hanya berlaku pada ketinggian 20 - 50% dari tinggi bebas cabang, model modified Burkhart pada ketinggian 80 - 100% dari tinggi bebas cabang dan pada ketinggian 30 - 50% dari tinggi bebas cabang untuk model Polynomial.

Selanjutnya hasil perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata untuk kedua model integrasi persamaan taper juga memiliki keadaan yang sama dengan kedua model tersebut dengan kulit, di mana model Kozak dan Others secara keseluruhan memiliki nilai simpangan rata-rata yang relatif lebih baik dibandingkan model Goulding dan Murray. Namun di luar perkiraan, ternyata nilai simpangan agregatif yang diperoleh pada model Kozak dan Others memberikan hasil yang berlawanan dengan hasil yang diperoleh pada model tersebut dengan kulit. Untuk model tanpa

kulit, nilai simpangan agregatif yang memenuhi kriteria diperoleh pada ketinggian 10 sampai 80% dari tinggi bebas cabang. Sedangkan nilai simpangan agregatif pada ketinggian di atasnya ialah antara 1.68 - 2.05%. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, keadaan sebaliknya terjadi pada model tersebut dengan kulit.

Nilai simpangan agregatif yang cukup baik pada ketinggian antara 10 - 80% dari tinggi bebas cabang kemungkinan disebabkan oleh ketebalan kulit yang teratur yang mengecil mulai dari pangkal dan kembali membesar pada saat mendekati ujung, sehingga bentuk batang pohon akan lebih silindris apabila diukur tanpa kulit dibandingkan pengukuran batang tersebut dengan kulit. Adapun kecenderungan meningkatnya nilai simpangan agregatif pada saat mendekati tinggi bebas cabang dapat disebabkan oleh bentuk batang yang cenderung tidak silindris (agak membesar) pada saat mendekati percabangan. Keadaan ini lazim ditemukan pada jenis-jenis pohon daun lebar.

Dengan demikian, seperti halnya pada model-model dengan kulit, ternyata model Kozak dan Others secara keseluruhan memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang paling tinggi dalam menduga volume batang tanpa kulit sampai ketinggian tertentu.

Dalam kaitannya dengan pendugaan volume batang berdasarkan diameter ujung, hasil perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif untuk menguji keakuratan dan ketelitian hasil pendugaan model-model rasio volume dengan kulit dan tanpa kulit disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai Keakuratan dan Ketelitian Model-Model Rasio Volume dalam Menduga Volume Batang dengan Kulit dan Tanpa Kulit Berdasarkan Diameter Ujung Tertentu

Rasio (h/H)	Dengan Kulit				Tanpa Kulit			
	Burkhart		Polynomial		Burkhart		Polynomial	
	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)	SA (%)	SR (%)
0.0 - 0.1	94.41	52.77	97.52	85.36	93.99	52.77	95.56	85.37
0.1 - 0.2	52.52	52.44	58.58	48.15	51.39	52.10	58.73	48.20
0.2 - 0.3	39.62	37.75	33.67	26.14	39.17	37.68	33.77	26.33
0.3 - 0.4	25.85	28.35	16.14	44.86	25.36	26.64	16.32	43.08
0.4 - 0.5	18.64	29.24	9.71	33.84	18.60	29.88	9.94	34.61
0.5 - 0.6	8.27	12.86	0.13	51.50	8.34	13.70	0.15	49.86
0.6 - 0.7	2.75	16.10	3.40	23.17	2.77	16.66	3.25	23.67
0.7 - 0.8	3.65	18.28	6.38	25.54	3.41	18.78	6.05	25.90
0.8 - 0.9	6.68	13.64	6.76	17.74	6.43	14.25	6.47	18.25
0.9 - 1	11.05	17.00	10.33	19.58	10.76	17.34	10.00	20.00

Model penduga volume batang dengan kulit dan tanpa kulit berdasarkan diameter ujung tertentu seperti terlihat pada Tabel 14 memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang rendah dalam menduga volume batang pada seluruh ketinggian. Nilai-nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif yang relatif cukup jauh dari kriteria yang telah ditetapkan, menjadikan hasil pendugaan volume batang sampai diameter ujung tertentu dengan kulit maupun tanpa kulit dari kedua model tersebut tidak mendekati volume sebenarnya sehingga kedua model tersebut tidak memenuhi syarat untuk dapat digunakan.

Rendahnya tingkat ketelitian dan keakuratan kedua model tersebut disebabkan adanya asumsi yang mendasari bentuk model rasio volume Burkhart dan model rasio Polynomial, yang menyatakan bahwa volume batang akan maksimal ketika diameter ujung mendekati nol. Untuk jenis pohon daun jarum dengan bentuk batang *excurrent*, tentunya asumsi ini tidak sulit untuk diterapkan karena diameter ujung yang mendekati nol pada jenis-jenis ini masih memungkinkan untuk diperoleh. Lain halnya dengan keadaan pohon pada jenis-jenis dengan bentuk *deliquescent*, pada jenis ini volume batang akan maksimal sebelum diameter ujung mendekati nol. Namun rendahnya tingkat ketelitian dan keakuratan dapat diatasi melalui penggunaan intersep pada kedua model tersebut walaupun kenaikannya relatif kecil.

Berdasarkan nilai-nilai pengujian seperti yang disajikan pada Tabel 12, 13, dan 14 dapat ditetapkan bahwa model integrasi persamaan taper Kozak dan Others dapat menduga volume batang dengan kulit dan tanpa kulit berdasarkan tinggi yang lebih baik daripada model rasio volume dan model integrasi persamaan taper lainnya, yaitu model Goulding dan Murray. Bentuk *simple kuadratik* dari persamaan (24) dan (31) ini memiliki nilai simpangan rata-rata antara 0.12 - 8.57% dan simpangan agregatif antara 0.01 - 2.02% untuk model dengan kulit, sedangkan untuk model tanpa kulit nilai simpangan rata-rata berkisar antara 0.21 - 8.93% serta nilai simpangan agregatif berkisar antara 0.02 - 2.59%. Dengan nilai-nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif demikian, model integrasi persamaan taper Kozak dan Others menduduki



peringkat pertama dalam kemampuannya untuk menduga volume batang dengan kulit dan tanpa kulit sampai tinggi tertentu.

Kondisi di atas disebabkan oleh sifat dari model Kozak dan Others itu sendiri, di mana dalam penggunaannya model ini tidak memerlukan pendugaan volume batang bebas cabang (V), sedangkan untuk model rasio volume dalam penggunaannya memerlukan pendugaan volume batang bebas cabang (V) yang dalam pendugaannya memerlukan pengukuran diameter setinggi dada dan tinggi bebas cabang melalui persamaan (18) dan persamaan (19) sehingga model rasio volume tersebut kehilangan keakuratan dan ketelitiannya. Keadaan ini berlaku pula pada model Goulding dan Murray, di mana dalam penggunaannya model integrasi persamaan taper ini memerlukan pula pendugaan volume batang bebas cabang yang dapat mengurangi tingkat keakuratan dan ketelitiannya.

Selanjutnya, berdasarkan pengujian keakuratan dapat ditetapkan bahwa pendugaan volume batang berdasarkan tinggi memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi daripada pendugaan volume batang berdasarkan diameter ujung pada semua kelas ketinggian relatif. Secara umum model penduga volume berdasarkan diameter ujung dengan kulit maupun tanpa kulit memiliki keakuratan dan ketelitian yang rendah sehingga model tersebut tidak layak untuk digunakan.

Pada akhirnya penggunaan tabel volume berdasarkan integrasi persamaan taper Kozak dan Others penting bagi perencanaan produksi serta kegiatan-kegiatan perusahaan selanjutnya dari jenis *Shorea johorensis* Foxw. di HPH PT. International Timber Corporation Indonesia, Kalimantan Timur.



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 University.

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

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Persamaan penduga volume batang bebas cabang bentuk *Schumacher-Hall* merupakan persamaan yang memenuhi kriteria paling tepat untuk kasus jenis kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur. Bentuk persamaan tersebut dengan kulit dan tanpa kulit berturut-turut ialah sebagai berikut :

$$\log V_{ob} = -4.05 + 2.04 \log D + 0.794 \log H$$
$$R^2 = 99.6\%$$

$$\log V_{ib} = -4.18 + 2.09 \log D + 0.796 \log H$$
$$R^2 = 99.5\%$$

Volume dugaan yang dihasilkan kedua persamaan di atas digunakan untuk menduga volume batang bebas cabang yang diperlukan dalam pendugaan volume batang sampai tinggi atau diameter ujung tertentu melalui pendekatan rasio volume dan integrasi persamaan taper.

Berdasarkan kriteria keterandalannya, model rasio volume dan integrasi persamaan taper dapat digunakan untuk menyusun persamaan volume batang dengan kulit dan tanpa kulit sampai tinggi tertentu. Koefisien determinasi untuk model tersebut dengan kulit berkisar antara 73.5 - 99.8% sedangkan untuk model tanpa kulitnya berkisar antara 72.9 - 99.8%. Di samping itu kedua model di atas memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang cukup baik pada beberapa kelas ketinggian relatif, berdasarkan pengujian simpangan rata-rata dan simpangan agregatifnya.

Persamaan penduga volume batang dengan kulit dan tanpa kulit berdasarkan diameter ujung tertentu dapat disusun berdasarkan model rasio volume, dengan koefisien determinasi antara 74.3 - 80.7% untuk model dengan kulit dan antara 74.5 - 80.7% untuk model tanpa kulit. Namun hasil pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif menunjukkan model-model tersebut memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang rendah pada semua kelas ketinggian relatif, sehingga model-model tersebut tidak layak digunakan untuk jenis kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.).

Berdasarkan perhitungan dan pengujian nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregatif, model integrasi persamaan taper Kozak dan Others memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang paling tinggi dibandingkan model rasio volume dan model integrasi persamaan taper Goulding dan Murray, sehingga model ini dipilih sebagai model penduga volume batang sampai tinggi tertentu untuk kasus jenis kenuar di lokasi penelitian. Model ini dengan kulit dan tanpa kulit, berturut-turut ialah sebagai berikut :

$$v_{ob} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left(1.027109 \frac{h}{H} - 0.255215 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0.0209833 \left(\frac{h}{H} \right)^3 \right) \Bigg|_h^{h_2}$$

$$v_{ib} = \frac{1}{4} \pi D^2 H \left(0.953224 \frac{h}{H} - 0.232505 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0.02432 \left(\frac{h}{H} \right)^3 \right) \Bigg|_h^{h_2}$$

Dalam penggunaan untuk kepentingan perencanaan produksi di lapangan, model integrasi persamaan taper Kozak dan Others ini dapat pula dipakai untuk menduga diameter ujung batang dan volume tiap panjang batang dari atas tanah.

B. Saran

Kriteria volume kayu yang dapat diperdagangkan khusus untuk hutan alam tak seumur di Indonesia perlu ditetapkan, khususnya mengenai limit diameter kayu yang dapat diperdagangkan. Selanjutnya dapat dilaksanakan penelitian guna mendapatkan suatu model penduga volume batang sampai diameter ujung tertentu untuk jenis-jenis pohon dengan bentuk batang *deliquescent* yang memiliki tingkat keakuratan dan ketelitian yang lebih tinggi.

Penggunaan tabel volume untuk jenis kenuar di lokasi penelitian yang disusun berdasarkan model integrasi persamaan taper Kozak dan Others diharapkan dapat meningkatkan ketelitian pendugaan volume *standing stock*. Perlu penelitian lanjutan berupa *quality inventory* dengan mempertimbangkan *allowance* yang berlaku dalam pengukuran dimensi pohon serta faktor eksploitasi, sehingga potensi kayu dapat diprediksi secara lebih tepat sampai di TPK (Tempat Penimbunan Kayu).



DAFTAR PUSTAKA

- Avery, T. E. 1967. Forest Measurement. Mc Graw Hill-Book Company, Inc., New York. 290 hal.
- Belyea, H. C. 1947. Forest Measurement. John Willey and Sons, Inc., New York. Hal. 98 - 101.
- Bruce, D. and F. X. Schumacher. 1950. Forest Mensuration. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York. 483 hal.
- Byrne, J. C., and D. D. Reed. 1986. Complex compatible taper and volume estimation systems for red and loblolly pine. Forest Sci. 32 : 423 - 443
- Cao, Q. V., H. E. Burkhart, and T. A. Max. 1980. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. Forest Sci. 26 : 71 - 80.
- Chapman, H. H., and W. H. Meyer. 1949. Forest Mensuration. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York. Hal. 66 - 117.
- Clutter, J. L. 1980. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. Forest Sci. 26 : 117 - 120.
- De Vries, P. G. 1971. Forest Mensuration. Forest Mensuration Dept. Agricultural University Wageningen - Netherlands (Notes of lectures given for the Faculty of Forestry IPB, Bogor). Unpublished. 83 hal.
- Eadkeo, K., and S. P. N. Ayudhya. 1983. A volume estimation procedure for tropical tree species. Proceedings of Biotrop Symposium Pengusahaan Hutan Pinus. Kerja sama Puslitbang Hasil Hutan dan Perum Perhutani. Jakarta.
- FAO. 1967. Manual Inventore Hutan. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta. Hal. 146 - 188.
- _____. 1973. Manual of Forest Inventory with Species Reference to Mixed Tropical Forest. Food and Agricultural Organization of the United Nation, Rome. 200 hal.
- Husch, B. 1963. Forest Mensuration and Statistics. The Ronald Press Co., New York. 410 hal.

- Kebler, P. J. A., and K. Sidiyasa. 1994. Trees of the Balikpapan - Samarinda Area, East Kalimantan, Indonesia. A manual to 280 selected species. The Troperbos Foundation, Waseningen. Nederland. Hal. 103 - 104.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume function for pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* No. 108, Helsinki.
- Loetsch, F., F. Zohrer, and K. E. Haller. 1973. Forest Inventory. BLV Verlagsellschaft. Munchen. Vol 1 : 436 hal.
- Proyek Sumberdaya Ekonomi, Lembaga Biologi Nasional - LIPI. 1979. Kayu Indonesia. Bogor. 116 hal.
- Spurr, S. H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Co., New York. 476 hal.
- Suharlan A. dan J. Sudiono. 1973. Ilmu Ukur Kayu. Bagian Pendidikan Sekretariat Direktorat Jenderal Kehutanan, Jakarta.
- Wahjono, D. 1989. Penyusunan Persamaan Taper dan Pendugaan Volume Batang *Pinus merkusii* Jungh et de Vries di KPH Bandung Utara, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat. Tesis Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor. Tidak diterbitkan.





@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer

L A M P I R A N

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



Lampiran 1. Data Hasil Penelitian jenis Shorea johorensis Foxw. di HPH PT ITCI, Kaltim

Nomor	Diameter Setinggi Dada (cm)	Tinggi Bebas Cabang (m)	Tinggi Tunggak (m)	Volume Bebas Cabang dgn. Kulit (m ³)	Volume Bebas Cabang tnp. Kulit (m ³)
1	22.5	16.70	0.70	0.466	0.399
2	23.9	15.80	0.70	0.543	0.474
3	24.5	14.65	0.65	0.433	0.371
4	25.3	15.80	0.80	0.670	0.604
5	25.4	15.90	0.70	0.614	0.541
6	26.2	17.27	0.70	0.712	0.647
7	26.8	14.62	0.70	0.669	0.604
8	27.3	14.00	1.20	0.730	0.611
9	28.7	15.20	0.70	0.778	0.705
10	28.8	17.46	0.73	0.709	0.610
11	29.4	12.90	0.70	0.630	0.570
12	31.0	12.78	0.65	0.765	0.682
13	31.1	16.70	0.70	1.003	0.907
14	31.3	13.54	0.74	0.775	0.732
15	32.8	19.61	0.84	1.082	0.982
16	33.1	17.30	0.83	1.031	0.914
17	33.4	19.86	0.70	1.054	0.935
18	33.5	16.71	0.71	1.006	0.886
19	34.7	25.74	0.74	1.634	1.465
20	37.8	19.76	0.89	1.542	1.377
21	40.0	13.75	0.75	1.106	1.012
22	41.8	20.71	0.90	1.771	1.574
23	42.8	36.90	1.50	3.184	2.749
24	44.0	22.15	0.70	2.346	2.155
25	46.0	12.70	0.70	1.562	1.398
26	46.7	23.94	1.37	2.805	2.564
27	49.0	15.80	0.80	2.195	2.043
28	50.7	23.81	1.23	3.369	3.176
29	52.5	24.44	1.24	4.058	3.854
30	55.4	23.33	1.67	4.388	4.087
31	57.9	26.96	1.87	4.896	4.574
32	59.2	27.59	1.25	5.186	4.773
33	60.0	23.91	1.91	4.282	3.973
34	64.7	35.45	1.75	7.933	7.429
35	66.5	34.23	1.59	8.448	8.010
36	67.2	33.75	1.45	8.640	8.101
37	73.5	26.38	1.48	7.660	7.234
38	74.2	29.00	2.00	8.811	8.566
39	74.6	38.48	2.74	9.571	9.098
40	76.5	29.22	1.22	9.128	8.347
41	76.5	21.50	1.50	7.621	7.257
42	77.7	42.10	2.10	13.521	12.937
43	79.0	29.93	1.93	10.004	9.280
44	81.2	32.70	1.70	12.251	11.964
45	84.0	32.70	2.22	10.296	9.762
46	84.0	40.22	2.80	12.728	12.151
47	87.6	33.50	2.75	11.678	11.182
48	88.0	28.75	3.14	11.845	10.937
49	94.9	25.14	2.82	13.921	13.007
50	95.5	32.22	1.60	14.779	13.850
51	96.0	31.60	2.70	16.055	15.184
52	96.8	40.70	1.52	16.382	15.298
53	98.2	27.82	4.08	13.810	13.041
54	105.9	30.08	2.11	16.229	15.643
55	106.0	34.11	5.50	22.032	20.809
56	107.0	38.13	2.40	19.719	18.922
57	107.5	30.40	2.55	19.350	18.330
58	108.6	29.55	2.34	18.998	18.012
59	108.7	29.67	6.18	16.573	15.648
60	109.2	32.98	5.80	22.374	21.265
61	112.0	35.80	2.00	23.648	22.368
62	117.5	27.00	3.20	19.246	18.327
63	118.6	30.11	5.40	26.419	25.054
64	125.0	33.40	3.89	27.712	25.637
65	129.5	32.89	1.40	26.411	24.695
66	136.1	31.40	1.70	31.723	30.527



Lampiran 2. Hasil Analisis Regresi Model-Model Penduga Volume Jenis *Shorea johorensis* Foxw.

Analisis Regresi Model penduga volume batang bebas cabang dengan kulit yang terpilih

The regression equation is

$$\log V_{ob} = -4.05 + 2.04 \log D + 0.794 \log H$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	-4.04958	0.04403	-91.96	0.000
logD	2.03861	0.03644	55.94	0.000
logH	0.79366	0.05682	13.97	0.000

s = 0.03853 R-sq = 99.6% R-sq(adj) = 99.6%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	22.142	11.071	7458.69	0.000
Error	63	0.094	0.001		
Total	65	22.236			

SOURCE	DF	SEQ SS
logD	1	21.853
logH	1	0.290

Analisis regresi model penduga volume batang bebas cabang tanpa kulit yang terpilih

The regression equation is

$$\log V_{ib} = -4.18 + 2.09 \log D + 0.796 \log H$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	-4.17546	0.04709	-88.68	0.000
logD	2.08839	0.03897	53.59	0.000
logH	0.79603	0.06076	13.10	0.000

s = 0.04120 R-sq = 99.5% R-sq(adj) = 99.5%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	23.060	11.530	6793.32	0.000
Error	63	0.107	0.002		
Total	65	23.167			

SOURCE	DF	SEQ SS
logD	1	22.769
logH	1	0.291

Analisis regresi model integrasi persamaan taper Kozak dan Others dengan kulit yang terpilih

The regression equation is

$$d_{ob}^2/D^2 = 0.454 - 0.510 h/H-1 - 0.0630 h^2/H^2-1$$

993 cases used 70 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	0.453729	0.007681	59.07	0.000
h/H-1	-0.51043	0.04715	-10.83	0.000
h ² /H ² -1	-0.06295	0.04216	-1.49	0.136

s = 0.1009 R-sq = 74.0% R-sq(adj) = 73.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	28.647	14.324	1406.42	0.000
Error	990	10.083	0.010		
Total	992	38.730			

SOURCE	DF	SEQ SS
h/H-1	1	28.625
h ² /H ² -1	1	0.023

Analisis regresi model integrasi persamaan taper Kozak dan Others tanpa kulit yang terpilih

The regression equation is

$$d_{ib}^2/D^2 = 0.415 - 0.465 h/H-1 - 0.0730 h^2/H^2-1$$

993 cases used 71 cases contain missing values

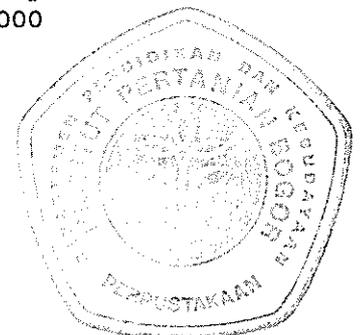
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	0.415254	0.007427	55.91	0.000
h/H-1	-0.46501	0.04558	-10.20	0.000
h ² /H ² -1	-0.07296	0.04077	-1.79	0.074

s = 0.09757 R-sq = 72.9% R-sq(adj) = 72.8%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	25.342	12.671	1330.88	0.000
Error	990	9.425	0.010		
Total	992	34.767			

SOURCE	DF	SEQ SS
h/H-1	1	25.311
h ² /H ² -1	1	0.030



Lampiran 3. Contoh Tabel Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Tunggak Berdasarkan Model Integrasi Persamaan Taper Kozak dan Others (dengan kulit)

Dbh (cm)	Tinggi Pohon Bebas Cabang (m)										
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
41	1.966	2.175	2.384	2.594	2.803	3.012	3.222	3.431	3.641		
42	2.063	2.282	2.502	2.722	2.941	3.161	3.381	3.601	3.820		
43	2.162	2.392	2.623	2.853	3.083	3.314	3.544	3.774	4.004		
44	2.264	2.505	2.746	2.987	3.228	3.469	3.711	3.952	4.193		
45	2.368	2.620	2.872	3.125	3.377	3.629	3.881	4.133	4.386		
46	2.474	2.738	3.001	3.265	3.528	3.792	4.056	4.319	4.583		
47	2.583	2.858	3.133	3.408	3.684	3.959	4.234	4.509	4.784		
48	2.694	2.981	3.268	3.555	3.842	4.129	4.416	4.703	4.990		
49	2.808	3.107	3.406	3.705	4.004	4.303	4.602	4.901	5.200		
50	2.828	3.139	3.450	3.761	4.072	4.383	4.695	5.006	5.317		
51	2.942	3.265	3.589	3.913	4.237	4.560	4.884	5.208	5.532		
52	3.058	3.395	3.731	4.088	4.404	4.741	5.078	5.414	5.751		
53	3.177	3.527	3.876	4.226	4.575	4.925	5.275	5.625	5.974		
54	3.298	3.661	4.024	4.387	4.750	5.113	5.476	5.839	6.202		
55	3.421	3.798	4.174	4.551	4.927	5.304	5.680	6.057	6.434		
56	3.547	3.937	4.327	4.718	5.108	5.498	5.889	6.279	6.670		
57	3.675	4.079	4.483	4.888	5.292	5.696	6.101	6.506	6.910		
58	3.805	4.223	4.642	5.061	5.479	5.898	6.317	6.736	7.155		
59	3.937	4.370	4.803	5.237	5.670	6.103	6.537	6.970	7.404		
60	4.007	4.455	4.903	5.351	5.799	6.247	6.695	7.143	7.591		
61	4.142	4.605	5.068	5.531	5.994	6.457	6.920	7.383	7.846		
62	4.279	4.757	5.235	5.713	6.192	6.670	7.149	7.627	8.106		
63	4.418	4.912	5.405	5.899	6.393	6.887	7.381	7.875	8.389		
64	4.560	5.069	5.578	6.088	6.598	7.107	7.617	8.127	8.637		
65	4.703	5.229	5.754	6.280	6.805	7.331	7.857	8.383	8.909		
66	4.849	5.391	5.932	6.474	7.016	7.559	8.101	8.643	9.185		
67	4.997	5.555	6.114	6.672	7.231	7.789	8.348	8.907	9.486		
68	5.147	5.722	6.297	6.873	7.448	8.024	8.599	9.175	9.751		
69	5.300	5.892	6.484	7.076	7.669	8.261	8.854	9.447	10.040		
70	5.390	5.999	6.609	7.218	7.828	8.437	9.047	9.657	10.267	10.877	11.487
71	5.545	6.172	6.799	7.426	8.053	8.680	9.307	9.935	10.562	11.190	11.818
72	5.703	6.347	6.992	7.636	8.281	8.926	9.572	10.217	10.862	11.507	12.153
73	5.862	6.525	7.187	7.850	8.513	9.176	9.839	10.503	11.166	11.829	12.493
74	6.024	6.705	7.385	8.066	8.748	9.429	10.111	10.792	11.474	12.156	12.837
75	6.188	6.887	7.586	8.286	8.988	9.686	10.386	11.086	11.786	12.486	13.187
76	6.354	7.072	7.790	8.508	9.227	9.946	10.665	11.383	12.103	12.822	13.541
77	6.522	7.259	7.996	8.734	9.471	10.209	10.947	11.685	12.423	13.161	13.899
78	6.693	7.449	8.205	8.962	9.719	10.476	11.233	11.991	12.748	13.505	14.263
79	6.865	7.641	8.417	9.193	9.970	10.746	11.523	12.300	13.077	13.854	14.631
80				9.239	10.035	10.830	11.627	12.423	13.219	14.016	14.812
81				9.471	10.287	11.103	11.919	12.735	13.552	14.368	15.185
82				9.707	10.543	11.379	12.215	13.052	13.888	14.725	15.562
83				9.945	10.801	11.658	12.515	13.372	14.229	15.087	15.944
84				10.186	11.063	11.941	12.818	13.696	14.574	15.452	16.331
85				10.430	11.328	12.227	13.125	14.024	14.923	15.822	16.722
86				10.677	11.596	12.516	13.436	14.356	15.278	16.197	17.117
87				10.926	11.867	12.809	13.750	14.692	15.634	16.576	17.518
88				11.179	12.142	13.105	14.068	15.032	15.995	16.959	17.923
89				11.435	12.419	13.404	14.390	15.375	16.361	17.347	18.333
90				11.612	12.618	13.626	14.633	15.640	16.648	17.656	18.664
91				11.871	12.900	13.930	14.960	15.990	17.020	18.051	19.081
92				12.134	13.186	14.238	15.291	16.343	17.398	18.450	19.503
93				12.399	13.474	14.549	15.625	16.701	17.777	18.853	19.929
94				12.667	13.765	14.864	15.963	17.062	18.161	19.260	20.360
95				12.938	14.059	15.182	16.304	17.427	18.549	19.672	20.796
96				13.212	14.357	15.503	16.649	17.795	18.942	20.089	21.236
97				13.488	14.658	15.828	16.998	18.168	19.339	20.509	21.680
98				13.768	14.961	16.156	17.350	18.545	19.739	20.935	22.130
99				14.050	15.268	16.487	17.706	18.925	20.144	21.364	22.584

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 4. Contoh Tabel Volume Batang Bebas Cabang Tanpa Tunggak Berdasarkan Model Integrasi Persamaan Taper Kozak dan Others (Tanpa Kulit)

Dbh (m)	Tinggi Pohon Bebas Cabang (m)										
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
41	1.849	2.045	2.242	2.439	2.635	2.832	3.029	3.226	3.422		
42	1.940	2.146	2.353	2.559	2.766	2.972	3.178	3.385	3.591		
43	2.033	2.250	2.466	2.682	2.899	3.115	3.332	3.548	3.764		
44	2.129	2.356	2.582	2.809	3.035	3.262	3.488	3.715	3.942		
45	2.227	2.464	2.701	2.938	3.175	3.412	3.649	3.886	4.123		
46	2.327	2.575	2.822	3.070	3.317	3.565	3.813	4.060	4.308		
47	2.429	2.688	2.946	3.205	3.463	3.722	3.980	4.239	4.497		
48	2.534	2.803	3.073	3.343	3.612	3.882	4.151	4.421	4.691		
49	2.640	2.921	3.202	3.483	3.764	4.045	4.326	4.607	4.888		
50	2.619	2.911	3.203	3.495	3.788	4.080	4.373	4.665	4.957		
51	2.725	3.028	3.332	3.637	3.941	4.245	4.549	4.853	5.158		
52	2.832	3.148	3.464	3.781	4.097	4.413	4.729	5.046	5.362		
53	2.942	3.271	3.599	3.927	4.256	4.584	4.913	5.242	5.570		
54	3.055	3.395	3.738	4.077	4.418	4.759	5.100	5.441	5.782		
55	3.169	3.522	3.876	4.229	4.583	4.937	5.291	5.645	5.999		
56	3.285	3.651	4.018	4.385	4.751	5.118	5.485	5.852	6.219		
57	3.403	3.783	4.163	4.543	4.923	5.303	5.683	6.063	6.443		
58	3.524	3.917	4.310	4.703	5.097	5.490	5.884	6.277	6.671		
59	3.646	4.053	4.460	4.867	5.274	5.681	6.088	6.496	6.903		
60	3.771	4.192	4.612	5.033	5.454	5.875	6.296	6.718	7.139		
61	3.898	4.333	4.767	5.203	5.638	6.073	6.508	6.943	7.379		
62	4.027	4.476	4.925	5.374	5.824	6.274	6.723	7.173	7.623		
63	4.158	4.621	5.085	5.549	6.013	6.478	6.942	7.406	7.871		
64	4.291	4.769	5.248	5.727	6.206	6.685	7.164	7.643	8.122		
65	4.426	4.919	5.413	5.907	6.401	6.895	7.390	7.884	8.378		
66	4.563	5.072	5.581	6.090	6.600	7.109	7.619	8.128	8.638		
67	4.702	5.227	5.751	6.276	6.801	7.326	7.851	8.376	8.902		
68	4.844	5.384	5.924	6.465	7.006	7.547	8.087	8.628	9.169		
69	4.987	5.543	6.100	6.657	7.213	7.770	8.327	8.884	9.441		
70	5.073	5.645	6.218	6.791	7.363	7.936	8.509	9.083	9.658	10.229	10.802
71	5.219	5.808	6.397	6.986	7.575	8.165	8.754	9.344	9.934	10.523	11.113
72	5.367	5.973	6.578	7.184	7.790	8.396	9.003	9.609	10.215	10.822	11.428
73	5.517	6.140	6.762	7.385	8.008	8.631	9.254	9.878	10.501	11.125	11.748
74	5.669	6.309	6.949	7.589	8.229	8.869	9.510	10.150	10.791	11.431	12.072
75	5.824	6.481	7.138	7.795	8.453	9.111	9.769	10.426	11.084	11.742	12.401
76	5.980	6.655	7.329	8.005	8.680	9.355	10.031	10.706	11.382	12.058	12.733
77	6.138	6.831	7.524	8.217	8.910	9.603	10.296	10.990	11.683	12.377	13.071
78	6.299	7.009	7.720	8.431	9.143	9.854	10.566	11.277	11.989	12.701	13.412
79	6.461	7.190	7.920	8.649	9.379	10.108	10.838	11.568	12.298	13.028	13.759
80				8.894	9.642	10.390	11.138	11.886	12.634	13.383	14.131
81				9.134	9.892	10.646	11.402	12.150	12.898	13.632	14.380
82				9.378	10.146	10.910	11.666	12.414	13.162	13.900	14.630
83				9.622	10.400	11.174	11.930	12.678	13.426	14.164	14.880
84				9.866	10.654	11.438	12.194	12.942	13.690	14.428	15.130
85				10.110	10.908	11.702	12.458	13.206	13.954	14.692	15.380
86				10.354	11.162	11.966	12.722	13.470	14.218	14.956	15.630
87				10.598	11.416	12.230	12.986	13.734	14.482	15.220	15.880
88				10.842	11.670	12.494	13.250	14.000	14.746	15.484	16.130
89				11.086	11.924	12.758	13.514	14.264	15.010	15.748	16.380
90				11.330	12.178	13.022	13.778	14.528	15.274	16.012	16.630
91				11.574	12.432	13.286	14.042	14.792	15.538	16.276	16.880
92				11.818	12.686	13.550	14.306	15.056	15.802	16.540	17.130
93				12.062	12.940	13.814	14.570	15.320	16.066	16.804	17.380
94				12.306	13.194	14.078	14.834	15.584	16.330	17.068	17.630
95				12.550	13.448	14.342	15.100	15.848	16.594	17.332	17.880
96				12.794	13.702	14.606	15.364	16.112	16.858	17.596	18.130
97				13.038	13.956	14.870	15.630	16.376	17.120	17.860	18.380
98				13.282	14.210	15.134	15.894	16.640	17.384	18.124	18.630
99				13.526	14.464	15.398	16.160	16.904	17.648	18.388	18.880

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



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

Lampiran 5. Contoh Tabel Volume Pohon Jenis Kenuar yang Disusun Berdasarkan Integrasi Persamaan Taper Kozak di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur (dengan kulit)

dbh	Panjang Batang (cm)	Tinggi Pohon Bebas Cabang (m)															
		18		20		22		24		26		28		30		32	
		du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v
50	2	49.2	0.106	49.4	0.106	49.5	0.106	49.6	0.107	49.7	0.107	49.8	0.108	49.8	0.108	49.9	0.108
	3	48.5	0.294	48.7	0.296	48.9	0.297	49.0	0.298	49.2	0.300	49.3	0.300	49.4	0.301	49.5	0.302
	4	47.7	0.477	48.0	0.480	48.3	0.483	48.5	0.486	48.7	0.488	48.8	0.490	48.9	0.492	49.0	0.493
	5	46.9	0.654	47.3	0.660	47.6	0.665	47.9	0.669	48.1	0.673	48.3	0.676	48.5	0.679	48.6	0.681
	6	46.1	0.826	46.6	0.835	47.0	0.843	47.3	0.849	47.6	0.854	47.8	0.858	48.0	0.862	48.2	0.866
	7	45.3	0.993	45.8	1.006	46.3	1.016	46.7	1.024	47.0	1.031	47.3	1.038	47.6	1.043	47.8	1.048
	8	44.4	1.156	45.1	1.172	45.6	1.185	46.1	1.196	46.5	1.205	46.8	1.213	47.1	1.220	47.3	1.227
	9	43.5	1.313	44.3	1.333	44.9	1.350	45.5	1.364	45.9	1.376	46.3	1.386	46.6	1.395	46.9	1.403
	10	42.5	1.465	43.5	1.490	44.2	1.510	44.8	1.528	45.3	1.542	45.7	1.555	46.1	1.566	46.4	1.576
	11	41.6	1.613	42.6	1.642	43.5	1.667	44.2	1.688	44.7	1.706	45.2	1.721	45.6	1.734	45.9	1.746
	12	40.6	1.755	41.8	1.791	42.7	1.820	43.5	1.844	44.1	1.865	44.6	1.884	45.1	1.899	45.5	1.913
	13	39.5	1.893	40.9	1.935	41.9	1.969	42.8	1.997	43.5	2.022	44.1	2.043	44.6	2.061	45.0	2.078
	14	38.5	2.027	40.0	2.074	41.1	2.114	42.1	2.147	42.8	2.175	43.5	2.199	44.0	2.221	44.5	2.239
	15	37.4	2.156	39.0	2.210	40.3	2.255	41.3	2.292	42.2	2.325	42.9	2.352	43.5	2.377	44.0	2.398
	16	36.2	2.280	38.0	2.341	39.5	2.392	40.6	2.434	41.5	2.471	42.3	2.502	42.9	2.530	43.5	2.554
	17	35.0	2.401	37.0	2.469	38.6	2.525	39.8	2.573	40.8	2.614	41.7	2.649	42.4	2.680	43.0	2.708
	18	33.7	2.517	35.9	2.592	37.7	2.655	39.0	2.708	40.1	2.754	41.0	2.793	41.8	2.828	42.4	2.858
	19			34.8	2.712	36.7	2.781	38.2	2.840	39.4	2.891	40.4	2.934	41.2	2.972	41.9	3.006
	20			33.7	2.828	35.7	2.904	37.4	2.969	38.6	3.024	39.7	3.072	40.6	3.114	41.3	3.151
	21					34.7	3.023	36.5	3.094	37.9	3.154	39.0	3.207	40.0	3.253	40.8	3.294
	22					33.7	3.139	35.6	3.216	37.1	3.282	38.3	3.339	39.3	3.390	40.2	3.434
	23							34.6	3.334	36.3	3.406	37.6	3.468	38.7	3.523	39.6	3.571
	24							33.7	3.450	35.4	3.527	36.9	3.595	38.0	3.654	39.0	3.706
	25									34.6	3.646	36.1	3.718	37.4	3.782	38.4	3.838
	26									33.7	3.761	35.3	3.839	36.7	3.907	37.8	3.968
	52	2	51.2	0.114	51.4	0.115	51.5	0.115	51.6	0.116	51.7	0.116	51.7	0.116	51.8	0.117	51.9
3		50.4	0.318	50.7	0.320	50.9	0.321	51.0	0.323	51.1	0.324	51.3	0.325	51.4	0.326	51.4	0.327
4		49.6	0.515	49.9	0.519	50.2	0.523	50.4	0.526	50.6	0.528	50.8	0.530	50.9	0.532	51.0	0.533
5		48.8	0.707	49.2	0.714	49.5	0.719	49.8	0.724	50.1	0.728	50.3	0.731	50.4	0.734	50.6	0.736
6		47.9	0.894	48.5	0.903	48.9	0.911	49.2	0.918	49.5	0.924	49.7	0.928	49.9	0.933	50.1	0.936
7		47.1	1.075	47.7	1.088	48.2	1.099	48.6	1.108	48.9	1.116	49.2	1.122	49.5	1.128	49.7	1.133
8		46.2	1.250	46.9	1.267	47.5	1.281	47.9	1.293	48.3	1.304	48.7	1.312	49.0	1.320	49.2	1.327
9		45.2	1.420	46.1	1.442	46.7	1.460	47.3	1.475	47.7	1.488	48.1	1.499	48.5	1.509	48.7	1.517
10		44.2	1.585	45.2	1.611	46.0	1.634	46.6	1.652	47.1	1.668	47.6	1.682	47.9	1.694	48.3	1.704
11		43.2	1.744	44.3	1.776	45.2	1.803	45.9	1.826	46.5	1.845	47.0	1.861	47.4	1.876	47.8	1.888
12		42.2	1.898	43.5	1.937	44.4	1.968	45.2	1.995	45.9	2.018	46.4	2.037	46.9	2.054	47.3	2.069
13		41.1	2.048	42.5	2.092	43.6	2.129	44.5	2.160	45.2	2.187	45.8	2.210	46.3	2.230	46.8	2.247
14		40.0	2.192	41.6	2.243	42.8	2.286	43.8	2.322	44.6	2.352	45.2	2.379	45.8	2.402	46.3	2.422
15		38.8	2.332	40.6	2.390	41.9	2.439	43.0	2.479	43.9	2.514	44.6	2.544	45.2	2.571	45.7	2.594
16		37.6	2.467	39.5	2.532	41.0	2.587	42.2	2.633	43.2	2.673	44.0	2.707	44.6	2.736	45.2	2.763
17		36.4	2.597	38.5	2.670	40.1	2.731	41.4	2.783	42.5	2.827	43.3	2.866	44.1	2.899	44.7	2.929
18		35.0	2.722	37.4	2.804	39.2	2.872	40.6	2.929	41.7	2.979	42.7	3.021	43.5	3.059	44.1	3.091
19				36.2	2.933	38.2	3.008	39.7	3.072	41.0	3.126	42.0	3.174	42.8	3.215	43.6	3.251
20				35.0	3.058	37.2	3.141	38.8	3.211	40.2	3.271	41.3	3.323	42.2	3.368	43.0	3.409
21						36.1	3.270	37.9	3.346	39.4	3.412	40.6	3.469	41.6	3.519	42.4	3.563
22						35.0	3.395	37.0	3.478	38.6	3.550	39.8	3.612	40.9	3.666	41.8	3.714
23								36.0	3.606	37.7	3.684	39.1	3.751	40.2	3.811	41.2	3.863
24								35.0	3.731	36.9	3.815	38.3	3.888	39.5	3.952	40.6	4.009
25										36.0	3.943	37.5	4.022	38.8	4.091	39.9	4.152
26										35.0	4.068	36.7	4.152	38.1	4.226	39.3	4.292

Keterangan
 d.a.t = dari atas tanah
 v = volume batang dugaan sampai tinggi tertentu
 dbh = diameter setinggi dada dengan kulit



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
 b. Pengutipan tidak mengindikasikan kepemilikan yang wajar IPB University.
 c. Pengutipan untuk tujuan pendidikan, penelitian, penyusunan karya ilmiah, penyusunan laporan, pembuatan karya atau tujuan suatu masalah diperbolehkan.
 d. Pengutipan untuk tujuan komersial, promosi, atau kepentingan lain tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

Lampiran 6. Contoh Tabel Volume Pohon Jenis Kenuar yang Disusun Berdasarkan Integrasi Persamaan Taper Kozak di HPH PT. ITCI, Kalimantan Timur (tanpa Kulit)

dbh (cm)	Pjg Btg d.a.t	Tinggi Pohon Bebas Cabang (m)															
		18		20		22		24		26		28		30		32	
		du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v	du	v
50	2	47.5	0.098	47.6	0.099	47.7	0.099	47.8	0.099	47.9	0.100	47.9	0.100	48.0	0.100	48.1	0.100
	3	46.7	0.272	47.0	0.274	47.1	0.276	47.3	0.277	47.4	0.278	47.5	0.279	47.6	0.280	47.7	0.280
	4	46.0	0.441	46.3	0.445	46.5	0.448	46.7	0.451	46.9	0.453	47.0	0.454	47.2	0.456	47.3	0.457
	5	45.2	0.605	45.6	0.611	45.9	0.616	46.2	0.620	46.4	0.624	46.6	0.627	46.7	0.629	46.9	0.631
	6	44.4	0.763	44.9	0.772	45.3	0.779	45.6	0.786	45.9	0.791	46.1	0.795	46.3	0.799	46.5	0.803
	7	43.6	0.915	44.2	0.928	44.7	0.938	45.0	0.947	45.4	0.954	45.6	0.961	45.8	0.966	46.0	0.971
	8	42.8	1.062	43.5	1.079	44.0	1.093	44.4	1.104	44.8	1.114	45.1	1.122	45.4	1.129	45.8	1.136
	9	41.9	1.203	42.7	1.225	43.3	1.243	43.8	1.258	44.3	1.270	44.6	1.281	44.9	1.290	45.2	1.298
	10	41.0	1.338	41.9	1.365	42.6	1.388	43.2	1.406	43.7	1.422	44.1	1.435	44.4	1.447	44.7	1.457
	11	40.1	1.467	41.1	1.501	41.9	1.528	42.6	1.551	43.1	1.570	43.6	1.586	44.0	1.600	44.3	1.612
	12	39.1	1.590	40.2	1.631	41.2	1.664	41.9	1.691	42.5	1.714	43.0	1.733	43.5	1.750	43.8	1.765
	13	38.1	1.707	39.4	1.755	40.4	1.795	41.2	1.827	41.9	1.854	42.5	1.877	43.0	1.897	43.4	1.914
	14	37.0	1.817	38.5	1.874	39.6	1.920	40.5	1.958	41.3	1.990	41.9	2.017	42.4	2.040	42.9	2.060
	15	35.9	1.922	37.5	1.988	38.8	2.041	39.8	2.085	40.6	2.122	41.3	2.153	41.9	2.180	42.4	2.203
	16	34.7	2.020	36.6	2.096	38.0	2.157	39.1	2.207	40.0	2.249	40.7	2.285	41.4	2.316	41.9	2.343
	17	33.5	2.111	35.5	2.198	37.1	2.268	38.3	2.325	39.3	2.373	40.1	2.414	40.8	2.449	41.4	2.479
	18	32.2	2.196	34.5	2.294	36.2	2.373	37.5	2.438	38.8	2.492	39.5	2.538	40.2	2.578	40.9	2.612
	19			33.4	2.385	35.3	2.473	36.7	2.546	37.9	2.607	38.9	2.659	39.7	2.703	40.4	2.742
	20			32.2	2.469	34.3	2.568	35.9	2.650	37.2	2.718	38.2	2.776	39.1	2.825	39.8	2.868
	21					33.3	2.658	35.0	2.749	36.4	2.824	37.5	2.888	38.5	2.943	39.3	2.991
	22					32.2	2.742	34.1	2.842	35.6	2.928	36.8	2.997	37.8	3.058	38.7	3.110
	23							33.2	2.931	34.8	3.024	36.1	3.101	37.2	3.168	38.1	3.226
	24							32.2	3.016	34.0	3.117	35.4	3.202	36.6	3.275	37.5	3.339
	25									33.1	3.205	34.6	3.298	35.9	3.378	36.9	3.448
	26									32.2	3.289	33.9	3.390	35.2	3.478	36.3	3.553
52	2	49.3	0.106	49.5	0.107	49.6	0.107	49.7	0.107	49.8	0.108	49.9	0.108	49.9	0.108	50.0	0.108
	3	48.6	0.295	48.8	0.297	49.0	0.298	49.2	0.299	49.3	0.301	49.4	0.302	49.5	0.302	49.6	0.303
	4	47.8	0.477	48.1	0.481	48.4	0.485	48.6	0.487	48.8	0.490	48.9	0.492	49.1	0.493	49.2	0.495
	5	47.0	0.654	47.4	0.661	47.8	0.666	48.0	0.671	48.3	0.675	48.4	0.678	48.6	0.681	48.7	0.683
	6	46.2	0.825	46.7	0.835	47.1	0.843	47.4	0.850	47.7	0.855	47.9	0.860	48.1	0.864	48.3	0.868
	7	45.4	0.990	46.0	1.004	46.4	1.015	46.8	1.024	47.2	1.032	47.4	1.039	47.7	1.045	47.9	1.050
	8	44.5	1.149	45.2	1.167	45.8	1.182	46.2	1.195	46.6	1.205	46.9	1.214	47.2	1.222	47.4	1.228
	9	43.6	1.301	44.4	1.325	45.1	1.344	45.6	1.360	46.0	1.374	46.4	1.385	46.7	1.395	47.0	1.404
	10	42.6	1.447	43.6	1.477	44.3	1.501	44.9	1.521	45.4	1.538	45.9	1.552	46.2	1.565	46.5	1.575
	11	41.7	1.587	42.7	1.623	43.6	1.653	44.3	1.677	44.8	1.698	45.3	1.716	45.7	1.731	46.1	1.744
	12	40.6	1.720	41.9	1.764	42.8	1.800	43.6	1.829	44.2	1.854	44.7	1.875	45.2	1.893	45.6	1.909
	13	39.6	1.846	40.9	1.899	42.0	1.941	42.9	1.976	43.6	2.005	44.2	2.030	44.7	2.052	45.1	2.070
	14	38.5	1.966	40.0	2.027	41.2	2.077	42.2	2.118	42.9	2.152	43.6	2.181	44.1	2.207	44.6	2.228
	15	37.3	2.079	39.0	2.150	40.4	2.208	41.4	2.255	42.3	2.295	43.0	2.329	43.6	2.358	44.1	2.383
	16	36.1	2.185	38.0	2.267	39.5	2.333	40.6	2.387	41.6	2.433	42.4	2.472	43.0	2.505	43.6	2.534
	17	34.8	2.284	37.0	2.377	38.6	2.453	39.8	2.515	40.9	2.567	41.7	2.611	42.4	2.649	43.1	2.682
	18	33.5	2.375	35.9	2.481	37.6	2.567	39.0	2.637	40.2	2.696	41.1	2.745	41.9	2.788	42.5	2.825
	19			34.7	2.579	36.7	2.675	38.2	2.754	39.4	2.820	40.4	2.878	41.3	2.924	42.0	2.968
	20			33.5	2.671	35.7	2.778	37.3	2.866	38.6	2.940	39.7	3.002	40.6	3.056	41.4	3.102
	21					34.6	2.875	36.4	2.973	37.9	3.055	39.0	3.124	40.0	3.183	40.8	3.235
	22					33.5	2.968	35.5	3.074	37.0	3.165	38.3	3.241	39.4	3.307	40.2	3.364
	23							34.5	3.171	36.2	3.270	37.6	3.355	38.7	3.427	39.6	3.490
	24							33.5	3.262	35.3	3.371	36.8	3.463	38.0	3.542	39.0	3.611
	25									34.4	3.466	36.0	3.567	37.3	3.654	38.4	3.729
	28									33.5	3.557	35.2	3.667	36.6	3.761	37.8	3.843

Keterangan
 -d.a.t. = dari atas-tanah
 v = volume batang duga sampai tinggi tertentu (m³)
 dbh = diameter setinggi dada dengan kulit

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Dilarang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan skripsi, tesis, dan disertasi.
 3. Penggunaan tidak mengikat untuk kepentingan umum.
 4. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.