

**PENYUSUNAN DAN VALIDASI FUNGSI VOLUME BATANG
(Studi Kasus pada Jenis *Gmelina arborea* Roxb di Areal P.T.
Wanakasita Nusantara, Jambi)**

***Construction and Validation of Stem Volume Functions
Case Study on *Gmelina arborea* Roxb in the Area of P.T. Wanakasita
Nusantara, Jambi***

MUHDIN¹⁾

ABSTRACT

*Determining the stem volume of a tree has long been a problem for foresters, whereas, the need for an accurate estimate of wood volume is becoming more important. Six volume equations were used and compared, for both constructing and validating models using data collected from *Gmelina arborea* Roxb stand in the area of P.T. Wanakasita Nusantara, Province of Jambi, Indonesia. The best equation obtained from model construction (fitting) step for a data set may not necessarily be the best performance (shown from bias, precision and accuracy) for another data set though collected from the same population. For testing the accuracy of model, model validation is an important step in model construction process in order to get the best tree volume equation.*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Kebutuhan akan kayu meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi manusia dan berkembangnya teknologi industri hasil hutan, khususnya kayu. Sebaliknya, kayu akan menjadi semakin langka seiring dengan semakin menurunnya kuantitas dan kualitas hutan. Sehubungan dengan itu, dalam rangka efisiensi pemanfaatan kayu maka pengukuran dimensi pohon harus dilakukan dengan cermat agar dugaan volume batang kayu menjadi akurat.

Untuk tujuan penaksiran volume kayu agar kesalahan dapat diperkecil, salah satu caranya adalah dengan menggunakan tabel pembantu yang praktis, yang biasa disebut tabel volume. Tabel volume adalah sebuah tabel yang digunakan untuk menentukan volume pohon berdiri berdasarkan dimensi-dimensi penentu volume (biasanya diameter setinggi dada, tinggi pohon, dan/atau faktor bentuk), yang disusun dengan menggunakan analisis regresi. Tabel volume yang dibuat berdasarkan persamaan terbaik yang diperoleh

¹⁾ Staf pengajar dan peneliti pada Lab. Perencanaan Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga P.O. Box. 168 Bogor

dari tahap penyusunan model, diharapkan juga memberikan nilai dugaan terbaik saat digunakan di lapangan.

Tujuan dan hipotesis

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model penduga volume batang terbaik (tahap penyusunan model berdasarkan sebuah set data) untuk jenis *Gmelina arborea* Roxb di areal Hutan Tanaman Industri – Transmigrasi P.T. Wanakasita Nusantara Propinsi Jambi – Sumatera serta untuk mendapatkan gambaran tentang performansi model penduga volume, ditinjau dari bias, ketelitian dan ketepatan (tahap validasi model berdasarkan set data yang lain tapi berasal dari populasi yang sama).

Hipotesis yang ingin diuji dari penelitian ini adalah bahwa model penduga volume batang terbaik yang diperoleh saat penyusunan model juga akan menunjukkan performansi terbaik pada tahap validasi model.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pita ukur, tambang plastik, tangga, golok, alat tulis dan tally sheet. Untuk perhitungan dan pengolahan data digunakan kalkulator dan komputer.

Bahan yang digunakan adalah data tegakan hutan tanaman *Gmelina arborea* Roxb yang berada di areal P.T. Wanakasita Nusantara, Jambi. Umur tanaman berkisar antara 2-6 tahun dan kerapatan tegakan berkisar antara 530-950 pohon/Ha. Pengambilan contoh dilakukan secara purposive dengan pertimbangan sebaran diameter pohon. Beberapa dimensi pohon yang diukur antara lain diameter setinggi dada (dbh), diameter pangkal seksi, diameter ujung seksi, dan panjang seksi.

Diameter pangkal dan ujung seksi diukur dengan panjang seksi maksimal 2 m sampai batas diameter ujung 6 cm. Diameter dan volume yang dimaksud dalam penelitian ini adalah diameter dan volume kayu termasuk kulit (*diameter and volume over bark*). Volume pohon ditentukan dengan cara perseksi, di mana volume seksi dihitung dengan menggunakan rumus Smalian (Husch, 1963).

Banyaknya pohon yang diukur adalah 93 buah, yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu untuk tahap penyusunan model dan tahap validasi model, masing-masing $\pm 70\%$ (60 pohon contoh) dan $\pm 30\%$ (33 pohon contoh).

Tabel 1. Penyebaran kelas diameter dan jumlah pohon contoh

| Nomor | Kelas Diameter (cm) | Banyaknya Pohon Contoh | | Jumlah Pohon Contoh |
|--------|---------------------|------------------------|----------------|---------------------|
| | | Penyusunan Model | Validasi Model | |
| 1. | 5 – 10 | 19 | 10 | 29 |
| 2. | 10 – 15 | 26 | 14 | 40 |
| 3. | 15 – 20 | 13 | 7 | 20 |
| 4. | 20 – 25 | 2 | 2 | 4 |
| Jumlah | | 60 | 33 | 93 |

Tabel 2. Statistik dimensi pohon contoh

| Tahap | Jumlah Pohon | D (cm) | | | H (m) | | | V (m ³) | | |
|------------|--------------|--------|------|--------|-------|------|--------|---------------------|--------|--------|
| | | Min | Maks | Rataan | Min | Maks | Rataan | Min | Maks | Rataan |
| Penyusunan | 60 | 6,4 | 24,1 | 12,2 | 2,3 | 17,1 | 7,3 | 0,0072 | 0,3769 | 0,0818 |
| Validasi | 33 | 7,6 | 22,1 | 12,7 | 2,5 | 15,6 | 7,4 | 0,0127 | 0,3174 | 0,0877 |

di mana : D = dbh ; H = tinggi sampai diameter batang 6 cm ; dan V = volume batang sampai H

Penyusunan model

Dalam penelitian ini digunakan enam persamaan volume seperti yang pernah digunakan Tewari dan Kumar (2001) untuk jenis *Dalbergia sissoo* di gurun panas Rajasthan State, India.

Tabel 3. Persamaan-persamaan Volume yang Digunakan dalam Penelitian ini

| Persamaan Volume |
|---|
| 1. $V = a D^b$ |
| 2. $V = a D^b H^c$ |
| 3. $V = a + b D^2 H$ |
| 4. $V = a + b D^2$ |
| 5. $V = a + b D + c D^2$ |
| 6. $V = a + b H + c D + d D^2 + e D^2 H + f DH$ |

di mana : a, b, c, d, e, dan f adalah konstanta ; notasi yang lain sama dengan sebelumnya

Selanjutnya konstanta atau koefisien regresi ditentukan dengan metode jumlah kuadrat terkecil, di mana khusus untuk persamaan 1 dan 2 ditransformasikan terlebih dahulu ke dalam bentuk linier dengan transformasi logaritmis.

Pemilihan model terbaik didasarkan atas kriteria sebagai berikut :

- 1) Keberartian persamaan regresi melalui tabel sidik ragam
- 2) Perhitungan koefisien determinasi terkoreksi (R_a^2)

- 3) Perhitungan simpangan baku (Se) regresi yaitu akar kuadrat dari Kuadrat Tengah Sisaan
- 4) Memberikan peringkat pada nilai Ra^2 , dan simpangan baku (Se)
- 5) Menjumlahkan peringkat nilai Ra^2 , dan simpangan baku (Se), untuk setiap persamaan.
- 6) Menentukan peringkat akhir.

Validasi model

Tahap validasi model dilakukan dengan menggunakan set data yang berbeda dengan saat tahap penyusunan model. Pada tahap validasi ini, dilakukan perbandingan performansi setiap model dalam hal :

- (1) Bias (B). Bias adalah simpangan atau kesalahan sistematis yang nilainya bisa positif atau negatif, yang mungkin terjadi oleh karena kesalahan dalam pengukuran, cara pemilihan contoh dan teknik dalam menduga parameter (Akça, 1995). Bias dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{Va_i} \times 100\% \right)}{n}$$

di mana : $e_i = V_i - Va_i$

V_i = Volume pohon ke-i yang diperoleh dengan cara penjumlahan volume perseksi

Va_i = Volume dugaan pohon ke-i yang diperoleh dengan menggunakan persamaan volume tertentu

n = Jumlah pohon contoh

- (2) Ketelitian. Ketelitian digambarkan oleh simpangan baku yang menyatakan besarnya simpangan nilai-nilai pengamatan terhadap nilai rata-ratanya sendiri (Husch *et al.* 1993). Lebih jauh, van Laar dan Akça (1997) menjelaskan bahwa istilah ketelitian berkaitan dengan adanya pengulangan dan menggambarkan sejauh mana kedekatan nilai-nilai pengukuran terhadap nilai rata-ratanya. Simpangan baku (s) dari kesalahan dugaan volume dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{Va_i} \times 100\% \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{Va_i} \times 100\% \right) \right)^2}{n}}{n-1}}$$

- (3) Ketepatan. Istilah ketepatan berkaitan dengan besarnya simpangan suatu nilai dugaan terhadap nilai yang sebenarnya (Husch *et al.* 1993). Pengertian ini sejalan dengan (Akça, 1995), yang menyatakan bahwa ketepatan menunjukkan keberhasilan di dalam menduga suatu nilai yang sebenarnya (misalnya nilai tengah populasi). Menurut Casella dan Berger (1990), Wood dan Wiant (1990) serta Wiant *et al.* (1993), ketepatan dari suatu pendugaan dapat dinyatakan oleh akar kuadrat dari rata-rata

kuadrat error (*root mean square error* atau RMSE) yang dihitung dengan formulasi sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{Va_i} \times 100\%\right)^2}{n}}$$

- (4) Memberikan peringkat pada nilai bias, simpangan baku (s) dan RMSE.
- (5) Menjumlahkan peringkat nilai bias, simpangan baku (s) dan RMSE untuk setiap persamaan.
- (6) Menentukan peringkat akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan model

Persamaan volume yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4, demikian pula nilai F hitung, Ra^2 , dan simpangan baku regresi (Se) untuk setiap model dapat dilihat dalam tabel yang sama. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa untuk semua model, F hitung nyata pada tingkat nyata 1%, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada tingkat kepercayaan 99% paling tidak ada sebuah peubah bebas dalam setiap model yang berpengaruh nyata terhadap volume pohon. Selanjutnya untuk pemilihan model terbaik dari tahap penyusunan model ini, setiap model diberi peringkat sesuai dengan besarnya Ra^2 , dan simpangan baku regresi (Se) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Nilai F_{hitung} , Ra^2 , dan Se untuk Setiap Persamaan Volume

| Persamaan | F_{hitung} | Ra^2 | Se |
|---|--------------|--------|--------|
| 1. $V = 20,14374 D^{2,72738}$ | 1274,81 | 95,6% | 0,0803 |
| 2. $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ | 3377,80 | 99,1% | 0,0355 |
| 3. $V = 0,01486 + 0,44750D^2H$ | 4716,44 | 98,8% | 0,0082 |
| 4. $V = -0,03022 + 6,85320 D^2$ | 702,14 | 92,2% | 0,0204 |
| 5. $V = 0,02588 - 0,89220D + 10,090D^2$ | 386,87 | 92,9% | 0,0196 |
| 6. $V = -0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ | 1.992,85 | 99,4% | 0,0056 |

Tabel 5. Peringkat Persamaan Volume Untuk Tahap Penyusunan Model

| Persamaan | Tahap Penyusunan Model | | Jumlah | Peringkat |
|---|------------------------|----|--------|-----------|
| | Ra ² | Se | | |
| 1. $V = 20,14374 D^{2,72738}$ | 4 | 6 | 10 | 5 |
| 2. $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ | 2 | 5 | 7 | 3 |
| 3. $V = 0,01486 + 0,44750D^2H$ | 3 | 2 | 5 | 2 |
| 4. $V = -0,03022 + 6,85320 D^2$ | 6 | 4 | 10 | 5 |
| 5. $V = 0,02588 - 0,89220D + 10,090D^2$ | 5 | 3 | 8 | 4 |
| 6. $V = -0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ | 1 | 1 | 2 | 1 |

Pada Tabel 4 terlihat bahwa Ra² untuk semua persamaan secara umum cukup tinggi (> 90%) dan Se yang relatif kecil. Peringkat akhir yang dibuat berdasarkan peringkat besarnya Ra² dan Se, menunjukkan bahwa persamaan 6 memiliki peringkat pertama, diikuti persamaan 3, 2 dan 5 masing-masing peringkat kedua, ketiga dan keempat, kemudian persamaan 1 dan 4 sama-sama berada pada peringkat terakhir. Berdasarkan kriteria Ra² dan Se maka dari tahap penyusunan model, diperoleh persamaan terbaik yaitu persamaan 6.

Validasi model

Dari tahap validasi model ini diperoleh nilai hasil perhitungan bias, simpangan baku (s) dan RMSE, seperti tertulis pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 6. Nilai Bias, s dan RMSE

| Persamaan | Bias | s | RMSE |
|---|--------|--------|--------|
| 1. $V = 20,14374 D^{2,72738}$ | 1,02% | 14,72% | 14,53% |
| 2. $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ | -1,40% | 5,59% | 5,68% |
| 3. $V = 0,01486 + 0,44750D^2H$ | 4,10% | 18,53% | 18,70% |
| 4. $V = -0,03022 + 6,85320 D^2$ | 0,65% | 16,21% | 15,97% |
| 5. $V = 0,02588 - 0,89220D + 10,090D^2$ | 3,27% | 13,91% | 14,08% |
| 6. $V = -0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ | 1,32% | 9,07% | 9,03% |

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa persamaan 4 memiliki bias terkecil (0,65%). Sedangkan persamaan 2 memiliki nilai s dan RMSE terkecil, hal ini berarti persamaan 2

memiliki tingkat ketelitian dan ketepatan yang lebih baik dibanding lima persamaan lainnya, namun cenderung *underestimate* sebesar 1,40%. Selanjutnya hasil pemeringkatan berdasarkan nilai bias, s dan RMSE dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Peringkat Persamaan Volume Untuk Tahap Validasi Model

| Persamaan | Statistik | | | Σ | Peringkat |
|---|-----------|---|------|----------|-----------|
| | Bias | s | RMSE | | |
| 1. $V = 20,14374 D^{2,72738}$ | 2 | 4 | 4 | 10 | 3 |
| 2. $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ | 4 | 1 | 1 | 6 | 1 |
| 3. $V = 0,01486 + 0,44750D^2H$ | 6 | 6 | 6 | 18 | 6 |
| 4. $V = -0,03022 + 6,85320 D^2$ | 1 | 5 | 5 | 11 | 4,5 |
| 5. $V = 0,02588 - 0,89220D + 10,090D^2$ | 5 | 3 | 3 | 11 | 4,5 |
| 6. $V = -0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ | 3 | 2 | 2 | 7 | 2 |

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa persamaan 2 terpilih sebagai persamaan terbaik, persamaan 6 dan 1 masing-masing peringkat 2 dan 3, persamaan 4 dan 5 sama-sama peringkat 4, kemudian persamaan 3 peringkat terakhir.

Oleh karena tahap penyusunan dan tahap validasi menghasilkan persamaan terbaik yang berbeda, maka langkah selanjutnya dilakukan penghitungan peringkat gabungan dari tahap penyusunan dan tahap validasi model. Peringkat akhir terbaik bila jumlah peringkatnya paling kecil.

Tabel 8. Peringkat Gabungan Tiap Persamaan Volume

| Persamaan | Tahap | | Σ | Peringkat Gabungan |
|---|------------|----------|----------|--------------------|
| | Penyusunan | Validasi | | |
| 1. $V = 20,14374 D^{2,72738}$ | 6 | 3 | 9 | 5 |
| 2. $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 3. $V = 0,01486 + 0,44750D^2H$ | 2 | 6 | 8 | 4 |
| 4. $V = -0,03022 + 6,85320 D^2$ | 5 | 4,5 | 9,5 | 6 |
| 5. $V = 0,02588 - 0,89220D + 10,090D^2$ | 3 | 4,5 | 7,5 | 3 |
| 6. $V = -0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ | 1 | 2 | 3 | 1 |

Pada Tabel 8 terlihat bahwa persamaan terbaik dari keenam persamaan penduga volume yang dicoba dalam penelitian ini adalah persamaan 6, diikuti oleh persamaan 2, 5, 3, dan 1, masing-masing dengan peringkat 2, 3, 4, dan 5, kemudian persamaan 4 pada peringkat terakhir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penyusunan model penduga volume batang, khususnya dalam penelitian ini, persamaan terbaik yang diperoleh dari tahap penyusunan model tidak menunjukkan performansi terbaik pada tahap validasi model.

Dari tahap penyusunan model diketahui bahwa model :

$V = - 0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ merupakan persamaan terbaik dengan Ra^2 dan simpangan baku masing-masing 99,4% dan 0,0056 ; sedangkan pada tahap validasi model diketahui bahwa model : $V = 0,19638 D^{1,40624} H^{0,95367}$ merupakan persamaan terbaik dengan nilai bias, simpangan baku dan RMSE masing-masing -1,40% ; 5,59% dan 5,68%.

Berdasarkan peringkat gabungan dari tahap penyusunan dan validasi model, diperoleh model terbaik yaitu : $V = - 0,01646 - 0,00489H + 0,6075D - 2,9210D^2 + 0,3042D^2H + 0,06158DH$ dengan nilai bias, simpangan baku dan RMSE masing-masing 1,32% ; 9,07% dan 9,03%.

Saran

Dalam rangkaian kegiatan penyusunan model untuk pembuatan tabel volume pohon, berdasarkan sebuah set data sebaiknya dilanjutkan dengan tahap validasi model dengan menggunakan set data yang berbeda tetapi berasal dari populasi yang sama agar dapat diketahui performansi model ditinjau dari segi bias, ketelitian dan ketepatannya dalam menduga volume.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Mulyadi Susanto (Direktur Produksi HPHTI PT. Wana Kasita Nusantara, Jambi) yang telah memberi izin dan memfasilitasi kegiatan pengukuran di lapangan ; Sdr. Kariaman Kuspriono, A.Md. dan Kamaruddin A.Md. yang telah membantu pengukuran di lapangan ; juga Sdri. Vitta Vurnamawati, S.Hut. yang telah membantu dalam pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Akça, A. 1995. Forest Inventory. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde. Universität Göttingen. (unpublished).
- Casella, G. and R.L. Berger. 1990. Statistical Inference. Wadsworth Inc. Belmont, California.
- Husch, B. 1963. Forest Mensuration and Statistics. The Ronald Press Company. New York.
- Husch B., C.I. Miller and T.W. Beer. 1993. Forest Mensuration. Reprint Edition. Krieger Publishing Co. Malabar, Florida.
- Laar, A. van and A. Akça. 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag. Göttingen.
- Tewari, V.P. and V.S.K. Kumar. 2001. Construction and Validation of Tree Volume Function for *Dalbergia sisso* Grown Under Irrigated Conditions in The Hot Desert of India. *Journal of Tropical Forest Science* 13(3) : 503-511.
- Wiant, Jr. H.V., D.W. Patterson, C.C. Hassler and C.J. Rennie. 1993. Comparison of Bruce's Formula and Other Methods for Estimating the Volume of Butt Log. In : G.B. Wood and H.V. Wiant Jr. (editors). *Modern Methods of Estimating Tree and Log Volume. Proc. IUFRO Conf., 14-16 June 1993, Div. For., W. Va. Univ., Morgantown*, pp. 79-85.
- Wood, G.B. and H.V. Wiant Jr. 1990. Estimating the Volume of Australian Hardwoods Using Centroid Sampling. *Aust. For.* 53 : 271-274.