



Jurnal Wana Tropika. Vol. 13, No. 01, Mei 2023
 Journal home page : <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JWT>
 Page 9-16
 Article history:
 Submitted: May 19th, 2023
 Revised : July 12th, 2023
 Accepted : July 12th, 2023
 DOI : 10.55180/jwt.v13i1.596

Pemodelan Hubungan Tinggi dan Diameter *Eucalyptus pellita* Umur 30 Bulan

Tatik Suhartati^{1*)}, Sugeng Wahyudiono¹⁾, Purwadi²⁾, Michael¹⁾

¹⁾Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

²⁾Magister Manajemen Perkebunan, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

*)email korespondensi: violetaty@gmail.com

ABSTRACT

Inventory on Plantation Monitoring Assessment (PMA) Eucalyptus pellita at the aged of 30 months, measuring total height (h) and diameter at breast height (dbh). Height measurements were done using the Vertex. Measuring the total height of a tree whose crown has started to close (overlap) requires more time to find the highest point of the tree, it is necessary to overcome it with a tool that is a height estimator model through the relationship between height and diameter at breast height (h-dbh). The study was conducted using two compartments of Eucalyptus pellita stands at the aged of 30 months. Sampling conducted by Systematic Sampling with Random Start. The data measured were total height (h) and diameter at breast height (dbh). Simple linear regression modeling h-dbh compiled for each compartment then carried out a goodness of fit test and validation using the Bias, SA and SR values, after that the regression line similarity was tested. The results showed that the two compartments have regression equations with the same slope and intercept, so that the two compartments can be threated as one dataset and the total height in the two compartments studied can be estimated using the equation $h = 6,968 + 0,844 \text{ dbh}$.

Keywords: height-diameter model; height prediction; regression line similarity testing

PENDAHULUAN

Pengelolaan hutan tanaman industri sebagai bahan baku serat memerlukan kegiatan pemantauan pertumbuhan yang dikenal dengan *Plantation Monitoring Assessment* (PMA). Monitoring dilakukan secara *time series* untuk menjaga agar produksi pada akhir rotasi sesuai dengan yang diharapkan. Karakteristik pohon yang diukur pada setiap PMA berbeda bergantung pada umur tanaman, namun secara umum tinggi total dan diameter setinggi dada merupakan karakteristik yang paling banyak diukur dalam kegiatan PMA.

Diameter setinggi dada (dbh) dan tinggi pohon (h) adalah karakteristik penting yang diukur dalam inventarisasi hutan (Gómez-García et al., 2014). Diameter setinggi dada dan tinggi dianggap sebagai variabel utama untuk menentukan volume batang, biomassa, karbon

dan parameter turunan lainnya (Mehtätalo, de-Miguel and Gregoire, 2015; Mensah *et al.*, 2018). Pengukuran diameter merupakan pekerjaan yang relatif mudah, murah dan dapat menghasilkan ukuran yang akurat, sedangkan pengukuran tinggi merupakan pekerjaan yang relatif sulit dan membutuhkan banyak tenaga. Menurut Colbert, Larsen dan Lootens (2002) jika dibandingkan dengan diameter, tinggi pohon jauh lebih menantang untuk ditentukan, proses pengukuran memakan waktu lebih lama, dan nilai yang diperoleh dapat menyimpang secara signifikan dari yang sebenarnya. Ferraz Filho *et al.* (2018) menyebutkan kemudahan mengukur diameter dan tinggi bervariasi, namun diameter lebih mudah diukur dan berbiaya rendah, demikian juga Özçelik *et al.* (2018) dan Ciceu *et al.* (2020) menyatakan bahwa pengukuran tinggi pohon mahal, seringkali sulit dan memakan waktu. Oleh karena itu, dalam kegiatan PMA, tinggi pohon biasanya tidak diukur untuk semua pohon dalam plot. Dalam hal inilah maka tinggi dapat diprediksi berdasarkan ketergantungannya pada diameter pohon.

Hubungan biologis antara dbh dan h lebih kuat pada hutan tanaman seumur (Li *et al.*, 2015 dan Sileshi, 2014). Pengelola hutan menggunakan hubungan ini untuk memprediksi h dari dbh (Özçelik *et al.*, 2018); untuk memprediksi volume dan parameter hutan lainnya (Mehtätalo *et al.*, 2015). Hubungan h-dbh bisa linear atau nonlinier bergantung pada spesies pohon dan lokasi, dan digunakan untuk menguji hipotesis bahwa dbh dapat digunakan memprediksi h (Mensah *et al.*, 2018).

Kegiatan inventarisasi pada plot *Plantation Monitoring Assessment* (PMA) umur 30 bulan, melakukan pengukuran tinggi total dan diameter pohon. Pengukuran tinggi dilakukan menggunakan alat Vertex. Vertex merupakan alat ukur yang modern, karena didasarkan pada sistem sensor dan suhu. Keterbatasan penggunaan alat ukur vertex dalam mengukur tanaman *Eucalyptus pellita* umur 30 bulan juga karena adanya tajuk yang sudah mulai rapat sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk mencari titik tertinggi pohon, maka perlu mengatasinya dengan alat bantu yaitu model penaksir tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada evaluasi hubungan antara tinggi total (h) dengan parameter yang mudah diukur yaitu diameter setinggi dada (dbh) untuk mengurangi biaya dan waktu inventarisasi dengan memanfaatkan pemodelan. Untuk keperluan itu dibuat model penaksir h dengan dbh (model h-dbh). Jika sudah dimiliki persamaan penaksir h untuk *Eucalyptus pellita* umur 30 bulan, maka dapat membantu pada kegiatan PMA 30 tidak perlu mengukur tinggi, karena dengan mengukur diameter saja dapat ditaksir tinggi totalnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menghasilkan model penaksir h yang memiliki kemampuan terbaik dalam menaksir serta memiliki error yang rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada hutan tanaman industri dengan jenis tanaman *Eucalyptus pellita* umur 30 bulan. Alat yang digunakan untuk mengukur tinggi total adalah Vertex, Transponder, untuk mengukur diameter menggunakan pita diameter. Penelitian dilakukan pada dua kompartemen. Penentuan plot sampel dilakukan dengan metode *Systematic Sampling with Random Start*, intensitas sampling PMA 30 adalah 1%, plot berbentuk lingkaran dengan luas 0,04 ha. Pada setiap plot diukur tinggi total dan tinggi batang bebas cabang serta diameter setinggi dada.

Keeratan hubungan linear antara h dan dbh dinilai melalui koefisien korelasi *Product Moment Pearson*. Model regresi hubungan tinggi total dengan diameter setinggi dada (h - dbh) yang dianalisis adalah linear sederhana, analisis data dilakukan menggunakan *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Pemodelan hubungan h - dbh memiliki tujuan untuk menghasilkan persamaan yang dapat digunakan untuk menaksir h berdasarkan dbh . Pemodelan disusun pada setiap kompartemen secara terpisah. Uji *goodness of fit* menggunakan uji F dan nilai koefisien determinasi (R^2). Perbandingan hasil pengukuran tinggi total menggunakan alat ukur vertex dengan hasil taksiran tinggi total berdasarkan model masing-masing kompartemen menggunakan Uji t, untuk menguji apakah ke duanya terbukti tidak signifikan.

Model yang dianggap valid adalah model yang memiliki nilai bias (B) mendekati nol sesuai dengan Vastaranta *et al.* (2015) menyebutkan keakuratan pengukuran dalam inventarisasi hutan diukur antara lain ditunjukkan oleh bias. Siarudin & Indrajaya (2014) dan Sahuri (2017) menyebutkan nilai dari simpangan rata-rata (SR) sebaiknya tidak lebih dari 10%. Simpangan rata-rata merupakan tingkat keakuratan dari prediksi model ditunjukkan oleh nilai selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi. Selanjutnya untuk simpangan agregatif (SA) sebaiknya tidak lebih dari 1%. Simpangan agregatif melihat keakuratan kurva, SA tidak berdasarkan bentuk kurva.

1. Bias

$$B = \frac{\sum(Y - \hat{Y})}{n}$$

2. Simpangan Rata-rata (SR)

$$SR = \frac{\sum \left| \frac{\hat{Y} - Y}{Y} \right|}{n} \times 100\%$$

3. Simpangan Agregatif (SA)

$$SA = \frac{\sum \hat{Y} - \sum Y}{\sum \hat{Y}} \times 100\%$$

Bagian analisis sebelumnya berkaitan dengan pemodelan pada setiap kompartemen secara terpisah. Selanjutnya dilakukan perbandingan ke dua model regresi linear yang dihasilkan menggunakan uji statistik (Giyanto, 2003), yaitu menguji apakah kedua garis

regresi mempunyai gradien atau kemiringan yang sama atau ke dua garis regresi parallel. Jika kedua garis regresi memiliki gradien yang tidak berbeda nyata maka dilakukan uji apakah kedua garis regresi mempunyai intersep yang sama. Jika kedua garis regresi memiliki gradien dan intersep yang sama, artinya kedua garis regresi tersebut sama atau berhimpit. Maka selanjutnya ke dua kompartemen dapat dinyatakan memiliki persamaan penaksir tinggi yang homogen, sehingga dapat dibuat satu persamaan regresi untuk ke dua kompartemen yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Sampel

Hasil pengukuran tinggi total menggunakan alat ukur vertex dan diameter setinggi dada menggunakan alat pita ukur, dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Kedua kompartemen memiliki rata-rata tinggi total yang hampir sama namun standar deviasinya berbeda. Sementara itu untuk diameter setinggi dada kedua kompartemen memiliki rata-rata maupun standar deviasi yang berbeda. Dari nilai standar deviasi tinggi maupun diameter terlihat bahwa kompartemen 1 memiliki pertumbuhan yang lebih bervariasi dibandingkan kompartemen 2.

Tabel 1. Nila Rata-Rata Tinggi Total Pohon (m)

Kompartemen	Jumlah Plot	Jumlah Pohon	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
1	12	159	9,1	19,5	16,211	2,094
2	6	88	10,1	19,7	16,725	1,765

Sumber: Analisis Data Primer (2023)

Tabel 2. Nila Rata-Rata Diameter Setinggi Dada

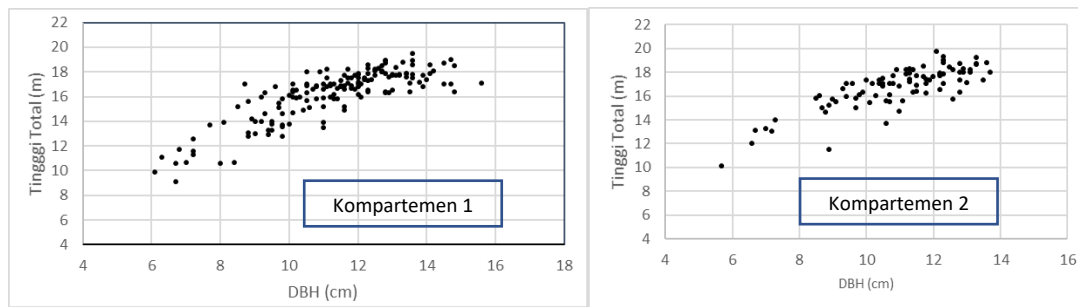
Kompartemen	Jumlah Plot	Jumlah Pohon	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
1	12	159	6,1	15,6	11,291	1,967
2	6	88	5,7	13,7	10,957	1,754

Sumber: Analisis Data Primer (2023)

Korelasi antara Tinggi Total dengan Diameter Setinggi Dada

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa kedua kompartemen memiliki korelasi antara h-dbh sebesar 0,828 untuk kompartemen 1 dan 0,808 untuk kompartemen 2, yang dapat dinyatakan sabagai kuat (0,80 - 1) menurut pembagian tingkat korelasi dalam (Jabnabillah & Margina, 2022). Korelasi Pearson ini menunjukkan hubungan yang sangat erat dan signifikan antara tinggi total dengan diameter setinggi dada dan arah hubungannya positif. Menurut Sunardi (2009) hubungan X dan Y termasuk kategori positif karena apabila kenaikan (penurunan) X pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) Y. Sebaliknya dikategorikan negatif kalau kenaikan (penurunan) X umumnya diikuti oleh penurunan

(kenaikan) Y. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan analisis korelasi maka dipilih model regresi linear sederhana untuk memodelkan hubungan h - dbh.



Gambar 1. Korelasi Tinggi Total dengan Diameter Setinggi Dada

Regresi Hubungan Tinggi dan Diameter Setinggi Dada

Hasil analisis regresi linear sederhana h-dbh dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil uji *goodness of fit* maka tinggi total bergantung secara signifikan kepada diameter setinggi dada (uji F menunjukkan $\text{sig}=0,000$ atau kurang dari 0,05). Nilai koefisien determinasi (R^2) kompartemen 1 (0,686) lebih tinggi 3,2 % dibanding kompartemen 2 (0,654). Persamaan regresi yang dihasilkan pada kompartemen 1 adalah $h = 6,256 + 0,882\text{dbh}$, dan kompartemen 2 adalah $h = 7,815 + 0,813\text{dbh}$.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi h-dbh

Kompartemen	Koefisien a	Koefisien b	Standar Error Regresi	F hitung	Sig.	R^2
1	6,256*	0,882*	1,17753	342,658*	0,000	0,686
2	7,815*	0,813*	1,04453	162,298*	0,000	0,654

Keterangan: * = Signifikan pada taraf uji 0,05

Sumber: Analisis Data Primer (2023)

Perbandingan Tinggi Total Taksiran dengan Aktual

Tabel 4 menunjukkan hasil perbandingan antara rata-rata hasil taksiran h berdasarkan model yang diperoleh dengan hasil pengukuran h menggunakan vertex. Hasil uji t menunjukkan nilai sig. yang diperoleh pada kedua kompartemen adalah 0,9997 dan 1, sedangkan taraf uji yang digunakan sebesar 5% atau 0,05 yang berarti nilai sig. lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan hasil taksiran tinggi total pohon dengan hasil pengukuran tinggi pohon menggunakan vertex. Pada uji *goodness of fit* dan uji t ini menunjukkan bahwa tinggi total secara signifikan dapat ditaksir oleh diameter setinggi dada. Dalam PMA 30 maka tinggi dan diameter digunakan untuk memantau pertumbuhan. Hal ini terkait juga bahwa alometri tinggi-diameter dianggap sebagai komponen fundamental dari model pertumbuhan dan hasil hutan (Gómez-García *et al.*, 2014; Bravo *et al.*, 2019).

Tabel 4. Perbandingan Tinggi Taksiran dengan Aktual

Kompartemen	Rata-rata Perbedaan	Standar Error	t hitung	Sig.
1	0,00003	0,09309	0,0003ns	0,9997
2	0,00000	0,11070	0,0000ns	1,0000

Keterangan: ns = non signifikan pada taraf uji 0,05

Sumber: Analisis Data Primer (2023)

Validasi Model Regresi

Tabel 5 menyajikan hasil validasi model pada masing-masing kompartemen. Bias, SA dan SR pada kedua kompartemen bernilai sangat kecil mendekati nol. Menurut Yusandi dan Jaya (2016) nilai bias yang dapat diterima adalah nilainya yang mendekati nol. Persamaan yang baik memiliki SA Antara -1 sampai +1. Nilai SR menunjukkan suatu model dapat dikatakan baik jika nilainya tidak lebih dari 10%. Dengan demikian dapat dinyatakan bias, SR dan SA yang diperoleh memenuhi persyaratan model dikatakan baik. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa masing-masing persamaan penaksir sesuai kompartemennya dapat digunakan untuk menaksir tinggi total berdasarkan diameter setinggi dada.

Tabel 5. Validasi Model Tinggi Pohon Masing-masing Kompartemen

Kompartemen	Bias	SR	SA
I080	-2,00E-15	0,0599%	2,00E-16%
I077	-4,00E-15	0,0477%	2,00E-16%

Sumber: Analisis Data Primer

Perbandingan Garis Regresi

Perbandingan kemiringan ke dua garis regresi seperti tertera pada Tabel 6 menunjukkan bahwa ke dua kompartemen memiliki kemiringan garis yang sama dan juga intersep yang sama (ke dua persamaan garis regresi dinyatakan sama secara statistik). Giyanto (2003) menyebutkan bahwa dalam kondisi ke dua persamaan sama, maka dipakai persamaan garis regresi linear yang baru berdasarkan gabungan semua data, tanpa membedakan lokasi pengambilan data. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan analisis regresi menggunakan data gabungan kedua kompartemen, dihasilkan persamaan penaksir yang baru yang dapat digunakan pada ke dua kompartemen yaitu $h = 6,968 + 0,844 \text{ dbh}$. Bias yang dihasilkan oleh taksiran model tersebut sebesar $-1,32 \times 10^{-14}$. Yusandi dan Jaya (2016) menyebutkan nilai bias yang dapat diterima adalah nilainya yang mendekati nol.

Tabel 6. Perbandingan Garis Regresi Kedua Kompartemen

Kompartemen	a	b	t hitung uji kemiringan	t hitung uji intersep	t tabel (0,05;243)
1	6,256	0,882	-6,439*	5,698*	1,96
2	7,815	0,813			

Keterangan: * = Signifikan pada taraf uji 0,05

Sumber: Analisis Data Primer (2023)

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa untuk membantu pekerjaan pengukuran tinggi total pada kegiatan PMA *Eucalyptus pellita* umur 30 bulan, dapat digunakan persamaan penaksir hubungan tinggi total dengan diameter setinggi dada yaitu $h = 6,968 + 0,844 \text{ dbh}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bravo, F., Fabrika, M., Ammer, C., Barreiro, S., Bielak, K., Coll, L., Fonseca, T., Kangur, A., Löf, M., Merganičová, K., Pach, M., Pretzsch, H., Stojanović, D., Schuler, L., Peric, S., Rötzer, T., Del Río, M., Dodan, M., & Bravo-Oviedo, A. (2019). Modelling approaches for mixed forests dynamics prognosis. Research gaps and opportunities. *Forest Systems*, 28(1), 1–18. <https://doi.org/10.5424/fs/2019281-14342>
- Ciceu, A., Garcia-Duro, J., Seceleanu, I., & Badea, O. (2020). A generalized nonlinear mixed-effects height–diameter model for Norway spruce in mixed-uneven aged stands. *Forest Ecology and Management*, 477(August), 118507. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118507>
- Colbert, K. C., Larsen, D. R., & Lootens, J. R. (2002). Height-diameter equations for thirteen midwestern bottomland hardwood species. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19(4), 171–176. <https://doi.org/10.1093/njaf/19.4.171>
- Ferraz Filho, A. C., Mola-Yudego, B., Ribeiro, A., Scolforo, J. R. S., Loos, R. A., & Scolforo, H. F. (2018). Height-diameter models for eucalyptus sp. plantations in Brazil. *Cerne*, 24(1), 9–17. <https://doi.org/10.1590/01047760201824012466>
- Giyanto. (2003). Membandingkan Dua Persamaan Regresi Linear Sederhana. *Oseana*, XXVIII(1), 19–31.
- Gómez-García, E., Diéguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., & Crecente-Campo, F. (2014). A comparison of model forms for the development of height-diameter relationships in even-aged stands. *Forest Science*, 60(3), 560–568. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-099>
- Jabnabillah, F., & Margina, N. (2022). Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar Dengan Kemandirian Belajar Pada Pembelajaran Daring. *Jurnal Sintak*, 1(1), 14–18. <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jurnalsintak/article/view/23%0Ahttps://journal.iteba.ac.id/index.php/jurnalsintak/article/download/23/23>
- Li, Y. Q., Deng, X. W., Huang, Z. H., Xiang, W. H., Yan, W. De, Lei, P. F., Zhou, X. L., & Peng, C. H. (2015). Development and evaluation of models for the relationship between tree height and diameter at breast height for Chinese-fir plantations in subtropical China. *PLOS ONE*, 10(4), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125118>
- Mehtätalo, L., de-Miguel, S., & Gregoire, T. G. (2015). Modeling height-diameter curves for prediction. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(7), 826–837. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0054>
- Mensah, S., Pienaar, O. L., Kunneke, A., du Toit, B., Seydack, A., Uhl, E., Pretzsch, H., & Seifert, T. (2018). Height – Diameter allometry in South Africa's indigenous high forests: Assessing generic models performance and function forms. *Forest Ecology and Management*, 410(December 2017), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.030>
- Özçelik, R., Cao, Q. V, Trincado, G., & Göçer, N. (2018). Forest Ecology and Management Predicting tree height from tree diameter and dominant height using mixed- e f f e c t s and quantile regression models for two species in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 419–420(March), 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.051>
- Sahuri, S. (2017). Model Pendugaan Volume Pohon Karet Saat Peremajaan Di Sembawa, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 14(2), 141–155. <https://doi.org/10.20886/jpht.2017.14.2.141-155>

- Siarudin, M., & Indrajaya, Y. (2014). Persamaan allometrik jabon (*Neolamarckia cadamba* Miq) untuk pendugaan biomassa di atas tanah pada Hutan Rakyat Kecamatan Pakenjeng Kabupaten Garut. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11(1), 1-9
- Sileshi, G. W. (2014). A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. *Forest Ecology and Management*, 329, 237–254. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.026>
- Sunardi, N. (2009). *Pengantar Statistika*. Bumi Aksara.
- Vastaranta, M., Latorre, E. G., Luoma, V., Saarinen, N., Holopainen, M., & Hyypä, J. (2015). Evaluation of a smartphone app for forest sample plot measurements. *Forests*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/f6041179>
- Yusandi, S., & Jaya, I. N. S. (2016). The estimation model of mangrove forest biomass using a medium resolution satellite imagery in the concession area of forest concession company in West Kalimantan. *Bonorowo Wetlands*, 6(2), 69–81. <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w060201>