

## KARAKTERISTIK POHON JATI UNGGUL NUSANTARA (JUN) UMUR 3 TAHUN BERBASIS CITRA DRONE DI RPH MULO KPH YOGYAKARTA

*(Characteristics of 3-year-old Teak [Jati Unggul Nusantara/JUN]  
Based on Drone Image at RPH Mulo KPH Yogyakarta)*

TATIK SUHARTATI<sup>1✉</sup>, SUGENG WAHYUDIONO<sup>1</sup>, PURWADI<sup>2</sup>, KARTI RAHAYU  
KUSUMANINGSIH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

✉Penulis Korespondensi: Email [violethaty@gmail.com](mailto:violethaty@gmail.com)

Diterima: 16 Sept 2022 | Disetujui: 05 Nov 2022

**Abstrak.** Penggunaan drone dalam pengelolaan hutan akan menjadi bagian dari inventarisasi hutan sehingga lebih efisien dan memiliki akurasi yang tinggi. Parameter yang paling jelas pada gambar drone adalah tajuk. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi karakteristik pohon berdasarkan diameter tajuk citra drone. Sebanyak 9 plot berbentuk lingkaran dibuat dengan luas 0,02 ha per plot. Analisis regresi dilakukan untuk memodelkan diameter setinggi dada (Dbh) dan tinggi pohon (H) berdasarkan diameter tajuk citra drone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model regresi linier sederhana dengan variabel bebas diameter tajuk mampu menjelaskan variasi Dbh dan H, sehingga diameter tajuk dapat menjadi penduga Dbh dan H yang baik. Karakteristik Dbh dan H menunjukkan pertumbuhan sangat baik, indeks kelangsingan (indeks stabilitas tegakan) menunjukkan tegakan yang kokoh dan stabil.

**Kata Kunci:** Diameter tajuk, citra drone, inventarisasi hutan, indeks kelangsingan

**Abstract.** The use of drones in forest management will be part of the forest inventory so that it is more efficient and have highly accuration. The most obvious parameter in the drone image is the crown. Therefore, the purpose of this research is to estimate the characteristics of trees based on the aerial crown diameter base on drone image. A total of 9 circular plots were made with an 0.02 ha per plots. Regression analysis was carried out to modelling the diameter at breast height (Dbh) and tree height (H) based on the aerial crown diameter. The results showed that a simple linear regression model using the independent variable aerial crown diameter was able to explain variations in Dbh and H, so that aerial crown diameter could be a good estimator of Dbh and H. The characteristics of Dbh and H indicates very good growth and slenderness index (stand stability index) indicates a sturdy and stable stand.

**Keywords:** Aerial crown diameter, drone image, forest inventory, slenderness index

### PENDAHULUAN

Kayu Jati masih menjadi kayu *elite* yang mempunyai nilai tinggi. Sumber bahan baku

kayu Jati pada mulanya dikuasai oleh Perum Perhutani sebagai pengelola hutan Jati. Produksi kayu di Indonesia tahun 2019 sekitar

45,84 jt m<sup>3</sup> dan sekitar 1,28 m<sup>3</sup> ( $\pm 2,8\%$ ) berasal dari Perum Perhutani. Dari data tersebut produksi kayu Jati sangat kecil bila dibanding dengan produksi kayu nasional. Sementara luas hutan di Indonesia sampai dengan tahun 2020 adalah 120,3 jt Ha dari luas tersebut sebanyak 2,5 jt ha ( $\pm 2,1\%$ ) ada di Jawa yang dikelola oleh Perum Perhutani. Sementara itu kebutuhan kayu secara nasional 60 Jt m<sup>3</sup>.

Kebutuhan dan produksi kayu di Indonesia tidak seimbang oleh karena itu perlu adanya terobosan untuk meningkatkan produk kayu tanpa menambah luas hutan. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi kayu Jati adalah ditemukannya Jati Unggul Nusantara (JUN). Tanaman jenis ini belum lama dihasilkan oleh Perum Perhutani dan belum kelihatan hasilnya, sehingga masyarakat belum banyak yang mengembangkan. Dari pihak pemerintah yang mengembangkan diantaranya adalah KPH Yogyakarta. Penanaman di KPH Yogyakarta sifatnya uji coba, belum dilakukan secara besar-besaran sehingga hasil belum juga dapat dilihat oleh masyarakat.

Jati Unggul Nusantara merupakan harapan baru masyarakat untuk menanam Jati di lahannya, karena umur 15 tahun sudah bisa dipanen. Selama ini kecenderungan masyarakat menanam Jati tidak setinggi minat menanam tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) seperti jenis tanaman Akasia atau Sengon karena masyarakat ingin segera memperoleh hasil tanamannya. Jati plus ini dikembangkan dari stek pucuk, pada awalnya untuk memenuhi kebutuhan Perum Perhutani namun saat ini Jati plus sudah dijual bebas untuk masyarakat yang membutuhkan.

Keberhasilan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh pemuliaan pohon dengan menghasilkan Jati Plus tapi juga dipengaruhi oleh pengelolannya terutama dalam hal pemantauan selama periode tumbuh. Pengelolaan hutan diawali dengan inventarisasi hutan, untuk mengetahui dan memperoleh data

dan informasi tentang sumber daya hutan, potensi kekayaan hutan serta lingkungannya secara lengkap. Dalam inventarisasi hutan, tinggi (H) dan diameter setinggi dada (Dbh) pohon merupakan variabel yang penting untuk diketahui.

Tinggi dan Dbh yang akurat merupakan variabel penting untuk model pertumbuhan dan hasil (Liu et al. 2017). Kershaw et al. (2016) menyatakan tinggi diperlukan untuk memperkirakan volume pohon, yang kemudian digunakan untuk menurunkan variabel lain seperti volume komersial, biomasa, kandungan karbon, dan nilai ekonomi. Secara tradisional digunakan untuk memperkirakan produktivitas tempat tumbuh (*site*).

Jika dibandingkan dengan diameter setinggi dada, pengamatan tinggi pohon seringkali dipengaruhi oleh kompleksitas persebaran vegetasi hutan, kerapatan hutan dan bentuk lahan (Xu et al. 2014 ). Oleh karenanya pengukuran tinggi pohon relatif lebih sulit. Macphee et al. (2018) menyebutkan bahwa tinggi pohon dapat menjadi pengukuran yang memakan waktu untuk mendapatkan hasil yang akurat di lapangan.

Diameter setinggi dada adalah karakteristik pohon yang penting dan sebagai dimensi yang akurat untuk memprediksi dimensi pohon yang lain. Tinggi total pohon, rasio tajuk dan diameter tajuk dapat diperkirakan dengan menggunakan diameter batang, yang mudah diukur dalam inventarisasi hutan berbasis terestrial dan penentuan struktur tegakan (Turan 2009).

Selama ini pengukuran dilakukan secara manual dengan cara mengukur langsung di lapangan (*terrestrial*) atau menggunakan citra satelit. Namun saat ini telah mulai berkembang penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Menurut Klemas (2015) UAV mampu menghasilkan data dengan resolusi spasial yang tinggi namun dengan biaya yang lebih rendah dan mudah. Ikhwan et al. (2021) menyebut

sebagai tidak memerlukan banyak tenaga kerja, memiliki data yang lebih rinci, cepat, dan akurat. Zarco-Tejada et al. (2014) menyebutkan UAV memiliki keunggulan tidak adanya bagian yang tertutup awan seperti yang ditemukan pada foto udara dan citra satelit dan ini membuat proses pengumpulan data menjadi lebih efektif, efisien, dan akurat.

Parameter yang tampak jelas pada citra drone adalah tajuk. Buba (2012) menyatakan terdapat hubungan positif yang signifikan antara diameter batang, tinggi pohon, tinggi tajuk dan diameter tajuk. Berdasarkan hal tersebut maka dengan memanfaatkan diameter tajuk citra drone dapat ditaksir tinggi dan diameter pohon melalui permodelan.

Menurut Achmad (2008) model merupakan suatu representasi dari objek, benda, ataupun ide-ide dalam bentuk yang lebih sederhana dari kondisi atau fenomena alam. Menurut Purnomo (2004) tidak ada model yang benar ataupun salah. Model dinilai dari sejauh mana dia dapat berguna.

Dey et al. (2021) meneliti model korelasi-regresi untuk spesies *Acacia auriculiformis* di Pulau Char Kukri-Mukri di distrik Bhola, Bangladesh. Koefisien korelasi antara Dbh dengan diameter tajuk menunjukkan hubungan yang positif dan signifikan. Nilai  $\rho$  yang dihitung dan nilai  $R^2$  antara Dbh dan diameter tajuk dalam analisis regresi-korelasi mengungkapkan bahwa model regresi linier paling cocok dan diameter tajuk dapat ditaksir menggunakan rerata Dbh dan sebaliknya.

Hardjana (2013) meneliti tentang model hubungan tinggi dan diameter tajuk dengan diameter setinggi dada. Acharya (2006) menggunakan parameter tajuk pohon sebagai variabel prediktor dalam persamaan pertumbuhan diameter dan tinggi. Buba (2012) dan Buba (2013) pada studi alometri menunjukkan hubungan positif antara diameter tajuk dengan diameter batang, diameter tajuk dengan tinggi pohon.

Untuk membantu melakukan pemantauan pertumbuhan JUN umur 3 tahun, maka penelitian ini bertujuan menyajikan informasi karakteristik pohon melalui inventarisasi aerial menggunakan drone. Karakteristik tersebut berupa tinggi total, diameter setinggi dada dan indeks kelangsingan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Petak 160, RPH Mulo, BDH Paliyan, KPH Yogyakarta. Sampel diambil secara *Systematic Random Sampling*, dengan intensitas sampling 0,5 %. Luas Petak 160 adalah 34 ha, 9 plot berbentuk lingkaran dibuat dengan luas 0,02 ha, jarak antara plot 200 m. Alat yang digunakan meliputi kompas, GPS, pesawat *drone* DJI Phantom 3 Standar, Kamera, pita diameter dan Haga Hypsometer, Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) umur 3 tahun.

Rencana kerja pengambilan foto dibuat menggunakan aplikasi PIX4D, ketinggian terbang drone 90 m dari tempat awal penerbangan, sudut camera 90° (*vertical*) dan overlap sebesar 80% dengan kecepatan drone 7-10 M/S. Pada setiap plot dilakukan pengambilan foto menggunakan *Drone Phantom 3 Standard*. Penentuan skala berdasarkan perbandingan antara fokus kamera dengan tinggi terbang pesawat drone atau perbandingan panjang di lapangan dengan panjang di foto.

Dari foto pesawat drone diperoleh data diameter tajuk masing-masing pohon. Menurut Lim et al. (2015) diameter tajuk adalah ukuran jarak linier yang melalui permukaan proyeksi tajuk pohon. Lim et al. (2015) dan Iizuka et al. (2018) menyebutkan diameter tajuk diukur dua kali per pohon. Nilai rata-rata diameter minimum dan diameter maksimum (arah horizontal dan vertikal) digunakan sebagai diameter tajuk karena sebagian besar tajuk berbentuk lonjong atau tidak beraturan. Pada semua plot dilakukan pengukuran secara langsung tinggi total dan diameter setinggi dada.

**Analisis Data**

Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis korelasi-regresi linear sederhana menggunakan SPSS 20. Model prediksi diameter setinggi dada dan tinggi pohon diduga berdasarkan diameter tajuk pada citra drone. Kesesuaian model dilihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), bias (B); *Root Mean Square Error* (RMSE) Simpangan rata-rata (SR) dan simpangan agregatif (SA).

Keakuratan pengukuran dalam inventarisasi hutan diukur antara lain ditunjukkan oleh bias dan RMSE (Vastaranta et al. 2015). Bias atau Simpangan atau selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi berdasar model, yang nilainya bisa positif atau negatif

$$B = \frac{\sum(Y-\hat{Y})}{n} \dots\dots\dots(1)$$

*Root Mean Square Error* (RMSE), adalah jumlah dari error kuadrat atau selisih antara nilai aktual dengan nilai taksiran. Rumus RMSE (Chicco et al. 2021):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{Y})^2}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

RMSE bernilai sangat jelek jika mendekati  $+\infty$  dan sangat baik jika bernilai nol. Simpangan rata-rata merupakan tingkat keakuratan dari prediksi model pertumbuhan ditunjukkan oleh nilai selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi. Nilai dari simpangan rata-rata sebaiknya tidak lebih dari 10% (Siarudin dan Indrajaya 2017; Sahuri 2017).

$$SR = \frac{\sum \left| \frac{\hat{Y}-Y}{\hat{Y}} \right|}{n} * 100 \% \dots\dots\dots(3)$$

Simpangan agregatif melihat keakuratan kurva, SA tidak berdasarkan bentuk kurva. SA

sebaiknya tidak lebih dari 1% (Siarudin & Indrajaya 2017; Sahuri 2017),

$$SA = \frac{\sum \hat{Y} - \sum Y}{\sum \hat{Y}} * 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

n : Jumlah sampel ; Y : Nilai aktual ;  $\hat{Y}$  : Nilai prediksi/taksiran

Taksiran diameter setinggi dada dan tinggi pohon berdasarkan model selanjutnya digunakan untuk menghitung indeks kelangsingan (kestabilan tegakan). Sumono et al. (2016) menyebutkan rasio antar karakteristik pohon yang menunjukkan kestabilan tegakan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KT = (H/DBH) * 100 \% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- KT = Kestabilan tegakan (indeks kelangsingan pohon)
- DBH = Diameter setinggi dada (cm)
- H = Tinggi total (cm)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Korelasi antar Karakteristik yang Diukur**

Korelasi pearson antara diameter tajuk berdasar citra drone dengan diameter setinggi dada sebesar 0,865 dan dengan tinggi sebesar 0,846. Hal tersebut menunjukkan bahwa diantara kedua variabel memiliki korelasi yang kuat. Obilor and Amadi (2018) menyebutkan korelasi pearson kurang dari 0,4 termasuk rendah, 0,4 sampai dengan 0,6 disebut sedang dan lebih dari 0,6 dikatakan kuat. Oleh karena karakteristik berkorelasi kuat maka model yang dianalisis untuk menaksir tinggi dan diameter pohon adalah model linear sederhana.

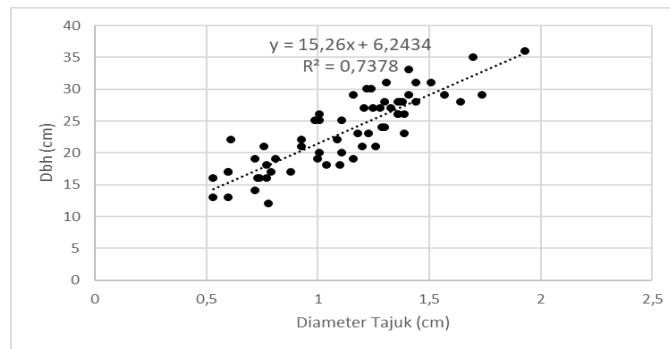
Dari nilai korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa jika diameter tajuknya lebar maka pohon memiliki Dbh yang besar dan juga lebih tinggi dibandingkan dengan yang diameter tajuknya lebih kecil. Dengan kata lain dimungkinkan

pohon yang memiliki Dbh besar juga lebih tinggi dibanding yang berdiameter kecil. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Dey et al. (2021).

**Pemodelan Diameter Setinggi Dada berdasar Diameter Tajuk Citra Drone**

Hasil analisis regresi diameter setinggi dada dengan variabel bebas diameter tajuk citra drone menunjukkan bahwa diameter tajuk secara signifikan (pada taraf uji 0,05) dapat dipergunakan menaksir diameter setinggi dada. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), maka sebesar 74,77% variasi diameter setinggi dada dapat dijelaskan oleh diameter tajuk citra drone.

Gambar 1 menunjukkan garis regresi dan persamaan regresi yang dihasilkan dari hubungan diameter tajuk terhadap diameter setinggi dada. Hasil analisis ini mendekati sama dengan penelitian Iizuka et al. (2018) yang mendapatkan bahwa hubungan diameter tajuk dengan diameter setinggi dada menghasilkan  $R^2 = 0,7786$  (77,86%). Turan (2009) juga memperoleh hubungan yang sangat kuat antara diameter tajuk dengan diameter setinggi dada. Sementara itu Auliya et al. (2020) hanya memperoleh  $R^2$  sebesar 69,84%.

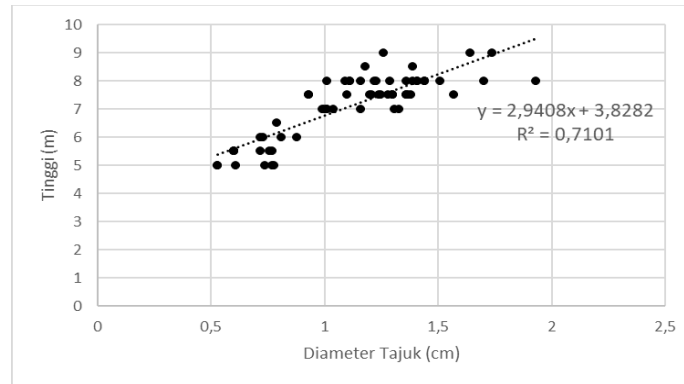


Gambar 1. Hubungan diameter tajuk dengan diameter setinggi dada

**Teknik Pemodelan Tinggi Pohon berdasar Diameter Tajuk Citra Drone**

Hasil analisis regresi tinggi dengan variabel bebas diameter tajuk citra drone menunjukkan bahwa diameter tajuk secara signifikan (pada taraf uji 0,05) dapat digunakan untuk menaksir tinggi pohon. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), maka sebesar 71,01% variasi tinggi total dapat dijelaskan oleh diameter tajuk citra drone.

Gambar 2 menunjukkan garis regresi dan persamaan regresi yang dihasilkan. Buba (2013) mendapatkan hasil regresi linear sederhana hubungan diameter tajuk terhadap tinggi pohon memiliki koefisien determinasi 52,2%. Dey et al. (2021) dalam penelitian menyimpulkan bahwa diameter tajuk dapat ditaksir menggunakan rerata DBH dan sebaliknya.



Gambar 2. Hubungan diameter tajuk dengan tinggi

**Penilaian Model**

Penilaian model menggunakan nilai Bias, RMSE, SR, dan SA. Siarudin dan Indrajaya (2017) dan Sahuri (2017) menyebutkan bahwa semakin kecil nilai SR dan SA suatu model, semakin tinggi tingkat akurasi model tersebut. Suatu model dikatakan layak apabila SA < 1% dan SR < 10%. Nilai Bias, RMSE, SR, dan SA pada Tabel 1 dihitung menggunakan persamaan 1,2,3 dan 4. Nilai SR dan SA menunjukkan bahwa model penaksir Dbh dan Tinggi (H)

memenuhi syarat keakuratan yaitu SR < 10% dan SA < 1%. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai bias pada taksiran Dbh lebih besar daripada bias pada tinggi dan untuk Taksiran Dbh menunjukkan terjadi sedikit *overestimated* sementara taksiran tinggi sangat kecil biasanya. Namun secara keseluruhan model dapat dikatakan memiliki keakuratan baik untuk dipergunakan menaksir Dbh dan Tinggi berdasarkan diameter tajuk citra drone.

Tabel 1. Nilai keakuratan model

Model penaksir	R <sup>2</sup>	RMSE	Bias	SR	SA
Dbh = 15,26x + 6,2434	0,74	1,72	-0,24	5,94	0,96
H = 2,9408x + 3,8282	0,71	0,66	0,06	7,22	0,87

**Karakteristik H, Dbh dan H/Dbh**

Statistik deskriptif dari karakteristik hasil taksiran pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada taksiran Dbh memiliki koefisien variasi (21,1) yang lebih tinggi dari koefisien variasi taksiran tinggi (13,3). Hal ini sesuai dengan kondisi aktual bahwa diameter setinggi dada memiliki variasi yang lebih tinggi daripada tinggi pohon. Sementara itu koefisien variasi diameter tajuk berdasar citra drone sebesar 28,8. Jadi laju pertumbuhan tinggi pada pohon JPP lebih

homogen dibandingkan laju pertumbuhan diameter setinggi dada. Pertumbuhan yang paling tidak homogen adalah diameter tajuk.

Oktayasa (2018) menyebutkan bahwa JPP umur 3 tahun di RPH Bangsring KPH Banyuwangi Utara memiliki nilai tinggi terendah sebesar 4,3 m sedangkan nilai tertinggi sebesar 8,2 m. Dalam penelitian ini nilai minimum tinggi adalah 5,4 m dan maksimum 9,5 m, Dengan demikian pertumbuhan JUN di RPH

Mulo KPH Yogyakarta lebih cepat daripada di RPH Bangsring.

Untuk diameter pada penelitian ini memiliki nilai minimum 14,3 cm dan maksimum 35,6 cm sementara pada Oktayasa (2018) diperoleh diameter minimum sebesar 4,78 cm sedangkan maksimum sebesar 12,1 cm. Hal ini berarti diameter di lokasi penelitian jauh lebih besar atau pertumbuhan lebih cepat.

Semakin kecil nilai kestabilan tegakan (dalam penelitian ini H/DBH disebut sebagai

indeks kelangsingan pohon), maka pohon makin stabil. Ruchaemi (2013) menyebutkan bahwa kelangsingan pohon yang memiliki nilai kurang dari 100 dinyatakan stabil, dan jika lebih dari 100 dinyatakan tidak stabil. Dari batasan nilai tersebut maka indeks kelangsingan yang menunjukkan kestabilan tegakan pada lokasi penelitian termasuk stabil. Jika dibandingkan dengan kondisi pada Oktayasa (2018) maka tanaman JUN di RPH Mulo lebih stabil dan lebih kokoh.

Tabel 2. Statistik taksiran karakteristik pohon

Karakteristik	Minimum	Maximum	Rata-rata	SD	CV
Dbh	14,3	35,6	23,4	4,9	21,1
H	5,4	9,5	7,1	0,95	13,3
H/Dbh	26,6	37,5	31,1	2,7	8,7

## KESIMPULAN

Diameter tajuk berdasar citra drone memiliki korelasi yang signifikan terhadap diameter setinggi dada maupun tinggi total pohon. Model regresi linear sederhana menggunakan karakteristik diameter tajuk berdasar citra drone mampu menjelaskan variasi diameter setinggi dada dan tinggi pohon, sehingga diameter tajuk berdasar citra drone dapat menjadi penaksir yang baik bagi diameter setinggi dada dan tinggi pohon. Karakteristik pohon yaitu diameter setinggi dada, tinggi menunjukkan pertumbuhan yang sangat baik dan indeks kelangsingan (kestabilan tegakan) menunjukkan pohon kokoh dan stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

Acharrya TP. 2006. Prediction of distribution for total height and crown ratio. 106.  
 Auliya H, Asy'ari M, Jauhari A. 2020. Korelasi diameter tajuk aerial dan diameter batang setinggi dada (130 cm) berbasis citra drone di kawasan hutan dengan Tujuan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 03(3): 516–522.

<http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jss/article/view/2185>.

- Buba T. 2012. Prediction equations for estimating tree height, crown diameter, crown height and crown ratio of *Parkia biglobosa* in the Nigerian guinea savanna. *African Journal of Agricultural Research*, 7(49): 6541–6543. <https://doi.org/10.5897/ajar12.276>.
- Buba T. 2013. Relationships between stem diameter at breast height (DBH), tree height, crown length, and crown ratio of *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn in the Nigerian Guinea Savanna. *African Journal of Biotechnology*, 12(22): 3441–3446. <https://doi.org/10.5897/AJB12.463>.
- Dey T, Ahmed S, Islam A. 2021. Relationships of tree height-diameter at breast height (DBH) and crown diameter-DBH of *Acacia auriculiformis* plantation. *Asian Journal of Forestry*, 5(2): 71–75. <https://doi.org/10.13057/asianjfor/r050203>.
- Hardjana AK. 2013. Model hubungan tinggi dan diameter tajuk dengan diameter setinggi dada

- pada tegakan tengkawang Tungkul Putih (*Shorea Macrophylla* (De Vriese) P.S. Ashton) dan Tungkul Merah (*Shorea Stenoptera* Burck.) di Semboja, Kabupaten Sanggau. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 7(1): 7–18. <https://doi.org/10.20886/jped.2013.7.1.7-18>.
- Iizuka K, Yonehara T, Itoh M, Kosugi Y. 2018. Estimating tree height and diameter at breast height (DBH) from digital surface models and orthophotos obtained with an unmanned aerial system for a Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) Forest. *Remote Sensing*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/rs10010013>.
- Ikhwan M, Tri Ratnaningsih A, Lestari I, Ikhsani H. 2021. Aplikasi teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (Uav) untuk mengidentifikasi tutupan hutan dan lahan di Universitas Lancang Kuning. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 16(1): 86–101. <https://doi.org/10.31849/forestra.v16i1.5393>.
- Kershaw JA Jr, Ducey MJ, Beers TW, Husch B. 2016. *Forest mensuration*, fifth. Wiley/Blackwell.
- Klemas VV. 2015. Coastal and environmental remote sensing from unmanned aerial vehicles: An overview. *Journal of Coastal Research*, 31(5): 1260–1267. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-15-00005.1>.
- Lim YS, La PH, Park JS, Lee MH, Pyeon MW, Kim JI. 2015. Calculation of tree height and canopy crown from drone images using segmentation. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 33(6): 605–613. <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.6.605>.
- Liu M, Feng Z, Zhang Z, Ma C, Wang M, Lian B, Sun R, Zhang L. 2017. Development and evaluation of height diameter at breast models for native Chinese *Metasequoia*. *PLoS ONE*, 12(8), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182170>.
- Macphee C, Kershaw JA, Weiskittel AR, Golding J, Lavigne MB. 2018. Comparison of approaches for estimating individual tree height-diameter relationships in the Acadian forest region. *Forestry*, 91(1): 132–146. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx039>.
- Obilor EI, Amadi EC. 2018. Test for significance of pearson's correlation coefficient (r). *International Journal of Innovative Mathematics, Statistics & Energy Policies*, 1(1): 11–23. <http://seahipaj.org/journals-ci/mar-2018/IJIMSEP/full/IJIMSEP-M-2-2018.pdf>.
- Oktayasa E. 2018. Model pertumbuhan rata-rata diameter dan tinggi tegakan jati (*Tectona grandis*) pada kawasan RPH Bangsring, BKPH Watudodol, KPH Banyuwangi Utara. Title. Universitas Mataram.
- Purnomo H. 2004. Memfasilitasi pengelolaan hutan kolaboratif menggunakan pemodelan dinamika sistem. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 10(2): 32–46.
- Ruchaemi A. 2013. *Ilmu pertumbuhan tanaman*. Mulawarman University Press.
- 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. 2017. Dinamika cadangan karbon sistem agroforestry Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) pada hutan rakyat di Tasikmalaya dan Banjar, Jawa Barat. *Jurnal Wasian*, 4(1): 37–46. <https://doi.org/10.20886/jwas.v4i1.2743>.



- Sumono A, Ismail, Emawati. 2016. Derajat kestabilan tegakan Karet (*Havea brasiliensis*) di Kalurahan Margomulyo Kecamatan Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. AGRIFOR, XV(2): 147–154.
- Turan S. 2009. Diameter at breast height-crown diameter prediction models for *Picea orientalis*. Afr. J. Agric Res, 4(3): 215–219.
- Vastaranta M, Latorre EG, Luoma V, Saarinen N, Holopainen M, Hyypä J. 2014. Evaluation of a smartphone app for forest sample plot measurements. Forests, 6(4). <https://doi.org/10.3390/f6041179>.
- Xu H, Sun Y, Wang X, Fu Y, Dong Y. 2014. Nonlinear mixed-effects (NLME) diameter growth models for individual China-Fir (*Cunninghamia lanceolata*) trees in Southeast China. PLoS ONE, 9(8), 104012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104012>.
- Zarco-Tejada PJ, Diaz-Varela R, Angileri V, Loudjani P. 2014. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. European Journal of Agronomy, 55: 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.01.004>.