

FAKTOR KONVERSI VOLUME TERHADAP BERAT GAMAL (*Gliricidia sepium*) BERDASARKAN UMUR TEGAKAN DI SUKABUMI, JAWA BARAT

*Volume To Weight Conversion Factors Of Gamal (*Gliricidia sepium*) Based On Stand Age
In Sukabumi, West Java*

Muhdin¹, Arhan Trirahido², Tatang Tiryana^{1*}, Muhammad Buce Saleh¹

(Diterima 9 Juni 2025 /Disetujui 19 Juni 2025)

ABSTRACT

*The conversion factor from stacked wood volume to weight is a widely used method for estimating the biomass of energy plantation forests. However, the general conversion factor for gamal (*Gliricidia sepium*) established by the Indonesian government does not account for variations in stand age. This study aims to determine age-specific conversion factors for gamal and evaluate the differences in these factors across various stand ages. Field data collection was carried out in a gamal plantation comprising three stand ages (i.e., 3, 4, and 5 years) located in the Sukabumi Forest Management Unit, West Java. In each stand age, ten gamal trees were felled and grouped based on the similarity in the number of branches to obtain stacked wood samples. A total of 12 stacked wood samples from 30 felled trees were collected across the three stand ages, with their stacked volumes and fresh weights measured to determine conversion factors. The differences in these conversion factors were assessed using the Kruskal-Wallis test. The results indicated conversion factors of 0.286 ± 0.065 ton/sm, 0.369 ± 0.027 ton/sm, and 0.444 ± 0.046 ton/sm for gamal stands aged 3, 4, and 5 years, respectively. This study confirmed that gamal conversion factors differ significantly among stand ages, suggesting the use of age-specific conversion factors would provide accurate estimates of the fresh weight of gamal plantations.*

Keywords: conversion factor, gamal, stacked-wood, stand age, staple meter

¹ Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

*Penulis korespondensi: Tatang Tiryana
e-mail : tangtir@apps.ipb.ac.id

²Alumnus Program Sarjana Program Studi Manajemen Hutan Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan Hutan Tanaman Energi (HTE) di Pulau Jawa oleh Perum Perhutani memiliki peran penting dalam optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan. Biomassa dari HTE berpotensi menjadi alternatif sumber energi terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Hal ini mendukung strategi nasional terkait ketahanan energi dan keberlanjutan lingkungan. Indonesia telah menargetkan pengurangan emisi sebesar 31,89% dengan upaya mandiri atau 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030 (UNFCCC 2022). Selain itu, Indonesia juga berupaya meningkatkan penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) hingga 23% pada bauran energi nasional tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 sebagai langkah mitigasi perubahan iklim (Setyono dan Kiono 2021). Oleh karena itu, pengelolaan HTE di Perum Perhutani perlu dioptimalkan agar dapat berkontribusi terhadap pencapaian target nasional dalam upaya pengurangan emisi dan penggunaan EBT di Indonesia.

HTE memiliki peran krusial dalam mitigasi perubahan iklim, karena mampu menyerap emisi karbon dioksida (CO₂) melalui proses fotosintesis vegetasi. Menurut Brown (1997), sekitar 50% biomassa hutan terdiri atas karbon sehingga hutan berperan sebagai penyimpan karbon yang efektif. Selain berfungsi sebagai penyerap karbon, hutan juga berkontribusi dalam penyediaan bahan baku energi alternatif berupa bio-energi yang berasal dari biomassa. Hal ini menjadi semakin penting mengingat sektor energi berbahan bakar fosil saat ini merupakan penyumbang utama emisi gas rumah kaca, dengan kontribusi sebesar 73% dari total emisi (Yusmur *et al.* 2022). Dalam hal ini, pengelolaan HTE secara berkelanjutan dapat mendukung upaya-upaya pengurangan emisi dan dapat mempercepat transisi penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu jenis tegakan HTE yang dikembangkan oleh Perum Perhutani di Pulau Jawa adalah gamal (*Gliricidia sepium*). Sebagai salah satu jenis pohon bio-energi, gamal menghasilkan limbah abu sisa pembakaran dalam jumlah minimal, sehingga lebih bersih dibandingkan bahan bakar fosil (Cahyono *et al.* 2008). Selain itu, gamal memiliki masa panen yang relatif singkat serta perawatan yang mudah, menjadikannya pilihan yang efisien dalam pengembangan sumber bahan baku bio-energi, misalnya untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm). Namun, pendugaan potensi tegakan gamal memerlukan pendekatan tersendiri karena hasil tegakannya berupa biomassa, bukan volume kayu seperti halnya jenis-jenis tegakan hutan produksi. Untuk itu, diperlukan penelitian-penelitian untuk mengembangkan alat bantu pendugaan potensi biomassa tegakan gamal.

Saat ini, alat bantu yang umum digunakan untuk pendugaan potensi biomassa tegakan HTE adalah Faktor Konversi Volume terhadap Berat (selanjutnya disebut FKvb), yaitu rasio antara volume dan berat basah yang dapat digunakan untuk menduga berat basah suatu jenis pohon HTE berdasarkan volumenya. Untuk jenis pohon HTE, umumnya volume dinyatakan dalam satuan 'stapel meter (sm)', yang menunjukkan tumpukan kayu bulat kecil dengan dimensi 1 m panjang, 1 m lebar, dan 1 m tinggi (BSN 2020). Untuk gamal, KLHK (2022) menetapkan bahwa volume 1 sm setara dengan berat 472,9 kg, sehingga FKvb gamalnya

adalah 0,473 ton/sm. Namun demikian, FKvb gamal tersebut masih perlu diteliti lebih lanjut karena belum tentu memberikan nilai dugaan yang akurat apabila diterapkan pada areal HTE yang memiliki keragaman umur tegakan. Penelitian tentang FKvb untuk jenis-jenis pohon HTE di Indonesia masih relatif terbatas. Soenarno dan Endom (2016) meneliti FKvb limbah penebangan untuk jenis-jenis pohon hutan tanaman industri kayu (yaitu *Acacia mangium*, *Eucalyptus pellita*, dan *Hibiscus similis*), tetapi tidak mempertimbangkan keragaman umur tegakannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai FKvb gamal berdasarkan umur tegakannya dan mengevaluasi perbedaannya antar umur tegakan agar dapat memberikan nilai dugaan potensi biomassa tegakan HTE gamal yang lebih akurat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2024 di RPH Hanjuang Barat, BKPH Lengkung, KPH Sukabumi, Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengumpulan data di lapangan adalah pita ukur, *haga hypsometer*, gergaji, meteran, timbangan, dan stapel meter; sedangkan alat untuk analisis data adalah laptop yang dilengkapi piranti lunak *Microsoft Excel* dan *RStudio*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan gamal berumur tiga, empat, dan lima tahun di lokasi penelitian.

Pengumpulan Data

Pengambilan data pohon contoh di lapangan dilakukan pada tiga petak tanaman gamal tahun tanam 2021 (umur 3 tahun) seluas 0,25 ha, tahun tanam 2020 (umur 4 tahun) seluas 0,08 ha, dan tahun tanam 2019 (umur 5 tahun) seluas 0,1 ha. Ketiga petak tersebut mewakili keragaman umur (3, 4, dan 5 tahun) tegakan gamal di lokasi penelitian. Pada masing-masing petak dilakukan pemilihan 10 pohon contoh dengan memperhatikan keterwakilan diameter dan jumlah cabang dari pohon-pohon gamal di setiap petak, sehingga diperoleh 30 pohon contoh. Selanjutnya, setiap pohon contoh ditebang pada ketinggian 30 cm di atas permukaan tanah sebagai tempat tumbuh bagi trubusan (Rahmawati *et al.* 2020).

Pohon-pohon contoh yang telah ditebang kemudian dipotong-potong sepanjang satu meter untuk memudahkan penimbangan berat basah dan pengukuran volume kayu gamal menggunakan alat stapel meter (BSN 2020). Penimbangan berat basah dilakukan pada masing-masing pohon contoh yang meliputi bagian batang, cabang, dan ranting. Setelah dilakukan penimbangan, pohon-pohon contoh yang memiliki arsitektur percabangan yang sama (yaitu cabang 1, 2, 3, 4, dan 5) dimasukkan dan ditumpuk ke dalam alat stapel meter berukuran 1 m³ untuk dihitung besaran volume stapel meter dari suatu sampel. Penimbangan dan pengukuran volume sampel tersebut dilakukan pada 3 sampel untuk umur 3 tahun (terdiri dari 10 pohon dengan 1, 2, dan 3 cabang), 4 sampel pada umur 4 tahun (terdiri dari 10 pohon dengan 1, 2, 3, dan 4 cabang), dan 5 sampel pada umur 5 tahun (terdiri dari 10 pohon dengan 1, 2, 3, 4, dan 5 cabang). Data pengukuran berat dan volume stapel meter dari 12 sampel tersebut kemudian dicatat pada *tallysheet* untuk keperluan analisis data selanjutnya.

Analisis Data

Untuk masing-masing umur tegakan, nilai FKvb (ton/sm) setiap sampel dihitung berdasarkan rasio antara berat basah (Bb , ton) dan volume stapel meter (Vsm , sm) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FKvb = \frac{Bb}{Vsm}$$

Nilai-nilai FKvb dari masing-masing kelompok umur selanjutnya diuji dengan metode Kruskal-Wallis untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai-nilai FKvb antar kelompok umur. Uji non-parametrik tersebut digunakan karena ukuran sampelnya relatif kecil (Agresti 2007), yaitu 12 sampel untuk ketiga kelompok umur tegakan. Analisis data dilakukan menggunakan piranti lunak R versi 4.5.0 (R Core Team, 2025) dengan *package* 'ggstatsplot' (Patil, 2021).

Untuk menilai akurasi prediksi berat basah berdasarkan volume stapel meter dengan menggunakan FKvb spesifik umur, FKvb semua umur, dan FKvb umum (0.473 ton/sm) dari KLHK (2022), selanjutnya dilakukan validasi silang (*cross-validation*) menggunakan metode Monte Carlo (Huy *et al.*, 2016; Kuhn & Johnson, 2013). Data berat basah dan volume stapel meter dari 12 sampel diambil secara acak sebagai data latih (*training data*, sebanyak 8 sampel atau 67%) dan data uji (*test data*, sebanyak 4 sampel atau 33%) dengan 200 kali iterasi agar hasil prediksinya relatif stabil (Kuhn & Johnson, 2013). Akurasi prediksi dari FKvb spesifik dan FKvb umum dinilai menggunakan bias (*mean error*) dan persentase bias (*percentage error*) dengan rumus sebagai berikut (Huang *et al.* 2003, Huy *et al.* 2016, Tiryana *et al.* 2021):

$$ME = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \left[\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - \hat{B}_i)}{n} \right]$$

$$PE = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \left[\frac{100ME}{\sum_{i=1}^n B_i / n} \right]$$

Keterangan: ME adalah bias prediksi berat basah (ton), PE adalah persentase bias prediksi (%), B_i adalah nilai berat basah aktual (ton), \hat{B}_i adalah nilai prediksi berat basah (ton) dari FKvb spesifik atau FKvb umum, R adalah banyaknya iterasi, dan n adalah ukuran sampel acak pada setiap iterasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Konversi Gamal

Nilai-nilai Faktor Konversi Volume terhadap Berat (FKvb) gamal bervariasi menurut umur tegakannya (Tabel 1). FKvb semakin besar seiring dengan bertambahnya umur tegakan. Dibandingkan dengan FKvb pada umur 3 tahun, FKvb pada umur 4 tahun lebih besar 29% dan FKvb pada umur 5 tahun lebih besar 55%. Temuan ini membuktikan bahwa nilai FKvb gamal tidak konstan, melainkan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya umur tegakan. Hal ini dimungkinkan karena adanya pertumbuhan tegakan, yang dicirikan oleh peningkatan diameter, tinggi, dan percabangan gamal, sehingga volume stapel meter dan berat basahnya pun bertambah seiring dengan meningkatnya umur tegakan gamal. Munir (2018) menyatakan bahwa pertambahan umur pohon akan turut serta menambah volume kayu, sehingga mengakibatkan perbedaan nilai faktor konversi. Tiryana

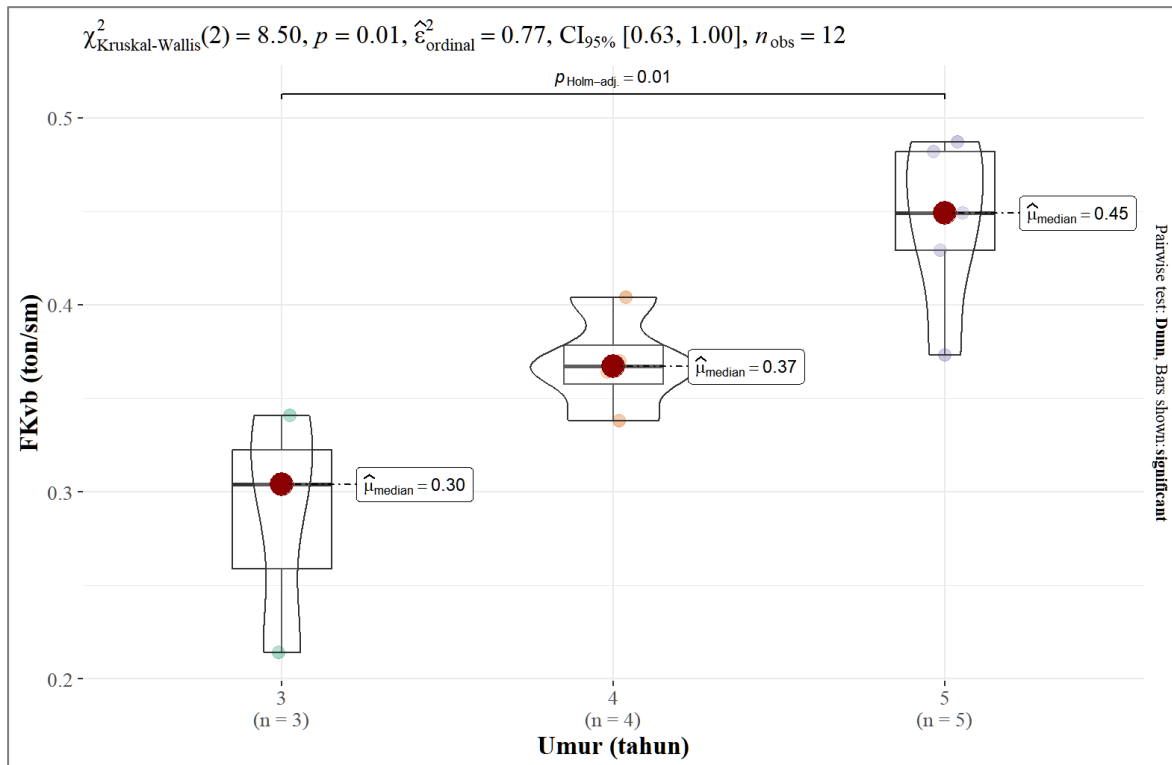
et al. (2011) juga melaporkan bahwa biomassa (berat kering) tegakan jati semakin meningkat dengan bertambahnya umur tegakan.

Pada masing-masing kelompok umur, nilai FKvb memiliki simpangan baku yang relatif kecil (<0.07 ton/sm). Hal ini menunjukkan bahwa nilai-nilai FKvb cenderung homogen (dengan koefisien variasi 7–23%) pada masing-masing kelompok umur. Keragaman FKvb pada umur tertentu dipengaruhi oleh perbedaan kadar air kayu dan penyusunan kayu dalam tumpukan/stapel meter (Câmpu 2012, De Miguel-Díez *et al.* 2023). Pada masing-masing kelompok umur, penumpukan kayu dalam alat stapel meter dan penimbangan berat basahnya dilakukan berdasarkan pengelompokan jumlah cabang, sehingga dapat meminimalkan keragaman FKvb antar sampel (tumpukan kayu gamal).

Tabel 1 Rata-rata dan simpangan baku nilai-nilai FKvb gamal pada umur 3, 4, dan 5 tahun

Umur (tahun)	FKvb (ton/sm)	
	Rata-rata	Simpangan baku
3	0,286	0,065
4	0,369	0,027
5	0,444	0,046
Semua umur	0,380	0,078

Nilai rata-rata FKvb antar kelompok umur berbeda nyata pada taraf 5% ($P\text{-value} < 0.05$, Gambar 1). Perbedaan nilai FKvb tersebut berimplikasi terhadap nilai dugaan berat basah gamal berdasarkan volume stapel meter harus menggunakan nilai FKvb sesuai dengan umur tegakannya karena akan memberikan nilai dugaan berat basah yang berbeda antar kelompok umur tegakan. Dibandingkan dengan nilai FKvb umum (0,473 ton/sm) yang ditetapkan KLHK (2022), nilai-nilai FKvb gamal di KPH Sukabumi ini relatif lebih rendah (0,286–0,444 ton/sm). Temuan serupa dilaporkan oleh Soenarno dan Endom (2016) bahwa faktor konversi untuk kayu akasia (0,18 ton/sm) dan ekaliptus (0,34 ton/sm) dari areal hutan tanaman industri juga lebih rendah dibandingkan faktor konversi yang ditetapkan oleh pemerintah. Perbedaan nilai konversi tersebut dimungkinkan karena perbedaan ukuran diameter kayu, dimana pemerintah menggunakan sortimen kayu berdiameter lebih besar tanpa cabang/ranting pada saat penentuan faktor konversinya (Soenarno dan Endom 2016).



Gambar 1 Perbedaan nilai-nilai FKvb antar umur tegakan gamal berdasarkan uji Kruskal-Wallis

Penggunaan Faktor Konversi

Penggunaan nilai FKvb spesifik umur tegakan memberikan nilai dugaan berat basah yang lebih akurat dibandingkan penggunaan nilai FKvb umum (Tabel 2). Seperti yang diharapkan, penggunaan nilai FKvb spesifik umur tegakan mampu memberikan nilai dugaan berat basah kayu gamal yang paling akurat ($PE < 0.5\%$), dan penggunaan nilai FKvb semua umur (sebesar 0.380 ton/sm) memberikan bias yang relatif kecil ($PE \ 1\%$). Sebaliknya, penggunaan nilai FKvb umum sebesar 0,473 ton/sm (KLHK 2022) memberikan nilai dugaan berat basah kayu gamal yang lebih besar (*overestimate*) dibandingkan berat basah aktualnya ($ME < 0$) dengan persentase bias mencapai 23% (Tabel 2). Hal ini membuktikan bahwa pendugaan berat basah kayu gamal lebih akurat menggunakan FKvb spesifik umur daripada menggunakan nilai FKvb semua umur ataupun nilai FKvb umum.

Tabel 2. Nilai-nilai bias dan persentasenya dari pendugaan berat basah kayu gamal dengan menggunakan FKvb spesifik umur, FKvb semua umur, dan FKvb umum

Faktor konversi	Bias (ME, ton)	Persentase bias (PE, %)
FKvb spesifik umur	0.00065	0.74
FKvb semua umur	0.00114	1.02
FKvb umum	-0.01088	-23.06

Nilai-nilai FKvb spesifik umur dan FKvb semua umur dari penelitian ini (Tabel 1) dapat digunakan oleh pengelola HTE di KPH Sukabumi untuk menduga berat basah kayu gamal berdasarkan volume tebangan tegakan gamal pada umur 3, 4, dan 5 tahun. Pendugaan berat basah kayu gamal akan lebih akurat apabila menggunakan nilai-nilai FKvb spesifik sesuai

umur tegakan yang ditebang. Namun demikian, nilai FKvb semua umur dapat digunakan apabila volume stapel meternya berasal dari tumpukan kayu gamal dengan umur beragam (3–5 tahun) atau ketika umur kayu gamalnya tidak diketahui secara pasti. Adapun nilai FKvb umum yang ditetapkan KLHK (2022) tidak disarankan digunakan karena tidak akurat, khususnya untuk HTE gamal di KPH Sukabumi.

Pendugaan berat kayu menggunakan FKvb merupakan salah satu cara yang mudah dilakukan oleh pengelola HTE untuk menduga berat basah kayu berdasarkan volume kayu hasil penebangan. Akan tetapi, FKvb tidak dapat digunakan untuk menduga potensi berat basah atau berat kering (biomassa) tegakan yang belum ditebang. Padahal, informasi potensi biomassa tegakan seringkali diperlukan pada tahap perencanaan dan pengelolaan tegakan sebelum penebangan, misalnya untuk kuantifikasi potensi serapan emisi karbon dioksida dari suatu areal HTE. Untuk itu, perlu dikembangkan model-model alometrik yang dapat digunakan untuk menduga berat basah ataupun biomassa tegakan berdasarkan peubah-peubah tegakan yang mudah diukur di lapangan. Misalnya, Mulyana *et al.* (2020) menyusun model alometrik biomassa gamal di KPH Semarang dengan menggunakan peubah diameter batang pohon. Pengembangan model-model alometrik berat basah dan biomassa jenis-jenis kayu energi perlu terus dilakukan untuk mendukung pengelolaan HTE di berbagai wilayah Indonesia yang memiliki keragaman kualitas tempat tumbuh.

SIMPULAN

Faktor konversi volume terhadap berat basah (FKvb) kayu gamal di KPH Sukabumi berbeda nyata antar umur tegakan, yaitu $0,286 \pm 0,065$ ton/sm untuk umur 3 tahun, $0,369 \pm 0,027$ ton/sm untuk umur 4 tahun, dan $0,444 \pm 0,046$ ton/sm untuk umur 5 tahun. Nilai-nilai FKvb tersebut dapat digunakan untuk menduga berat basah kayu gamal berdasarkan volume stapel meter kayu hasil penebangan pada masing-masing umur tegakan tersebut. Sementara itu, nilai FKvb semua umur sebesar 0,380 ton/sm dapat digunakan ketika volume kayu penebangannya berasal dari tegakan dengan beragam umur atau ketika informasi umur tegakannya tidak diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti A . 2007. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Brown S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer*. USA: FAO.
- BSN. 2020. *Pengukuran dan Penetapan Isi Kayu Bundar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cahyono TD, Coto Z, Febrianto F. 2008. Analisis nilai kalor dan kelayakan ekonomis kayu sebagai bahan bakar. *Forum Pascasarjana* 31(2): 105–116.
- Câmpu VR. 2012. Determination of the conversion factor of stacked wood in solid content at spruce pulpwood and firewood with the length of two and three meters. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II* 5(1):31–36.

- De Miguel-Díez F, Purfürst T, Acuna M, Tolosana-Esteban E, Cremer T. 2023. Estimation of conversion factors for wood stacks in landings and their influencing parameters: a comprehensive literature review for America and Europe. *Silva Fennica* 57(1):1–47.
- Huang S, Yang Y, Wang Y. 2003. A critical look at procedures for validating growth and yield models. Dalam: Amaro A, Reed D, Soares P (Eds). *Modelling Forest Systems*. Guildford: CABI Publishing.
- Huy B, Kralicek K, Poudel KP, Phuong VT, Khoa PV, Hung, ND, Temesgen H. 2016. Allometric equations for estimating tree aboveground biomass in evergreen broadleaf forests of Viet Nam. *Forest Ecology and Management* 382: 193–205. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.021>.
- Mulyana B, Soeprijadi D, Purwanto RH. 2020. Allometric model of wood biomass and carbon for gliricidia (*Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex walp.) at bioenergy plantation in Indonesia. *Forestry Ideas* 26(1): 153–164.
- Munir A. 2018. Pengaruh umur tanaman terhadap dimensi pohon sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) pada ketinggian tempat tumbuh yang berbeda. *Wanamukti* 21(1): 67–82.
- Patil I. 2021. Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open Source Software* 6(61): 3167. <https://doi.org/10.21105/joss.03167>.
- Rahmawati R, Murgunadi, Ermi AF, Arsidi A, Harcicik, Utomo D. 2020. Kajian trubusan dan produksi benih tanaman gamal (*Gliricida sepium*). *Jurnal Penelitian Hutan Lestari Produksi* 23(1): 15–21.
- R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- Setyono AE, Kiono BFT. 2021. Dari energi fosil menuju energi terbarukan: potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan* 2(3): 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>.
- Tiryana T, Tatsuhara S, Shiraishi N. 2011. Empirical model for estimating the stand biomass of teak plantation in Java, Indonesia. *Journal of Forest Planning* 16:177–188. https://doi.org/10.20659/jfp.16.Special_Issue_177.
- Tiryana T, Khasanah L, Priyanto P, Rahaju S, Muhdin. 2021. Form factors and volume models for estimating tree bole volume of Mahogany at community forests in Central Java. *Indonesian Journal of Forestry Research* 8(2):199–211. <https://doi.org/10.59465/ijfr.2021.8.2.199-211>.
- UNFCCC. 2022. Enhanced Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Yusmur A, Ardiansyah R, Marlinda S. 2022. Biomass Sources for Sustainable Bioenergy Production in Indonesia. *Biodivers* 1(2): 21–26. <https://doi.org/10.56060/bdv.2022.1.2.1977>.