Estimasi Biomassa di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Tanamn Eucalyptus pellita menggunakan UAV-LiDAR
dan Foto Udara
Muhammad Arrafi Noor, Dr. Ir. Wahyu Wardhana, S.Hut., M.Sc., IPU.; Ir. Budi Mulyana, S.Hut., M.Si., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ESTIMASI BIOMASSA DI ATAS PERMUKAAN TANAH PADA HUTAN TANAMAN *Eucalyptus pellita* MENGGUNAKAN UAV-LiDAR DAN FOTO UDARA

Muhammad Arrafi Noor[1], Wahyu Wardhana[2], Budi Mulyana[2]

INTISARI

Estimasi biomassa di atas permukaan tanah (*Above-Ground Biomass/AGB*) yang akurat dan efisien sangat penting untuk mendukung inventarisasi serta penilaian karbon pada hutan tanaman industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja LiDAR berbasis *unmanned aerial vehicle* (UAV), foto udara, serta integrasi keduanya dalam mengestimasi AGB pada tingkat plot pada tegakan *Eucalyptus pellita* berumur 5–6 tahun. Data acuan lapangan dikumpulkan dari 31 plot sampel permanen. Nilai AGB pada tingkat plot diturunkan dari volume tegakan menggunakan persamaan alometrik berbasis volume yang spesifik untuk jenis, sedangkan metrik tinggi yang diturunkan dari LiDAR serta variabel struktur horizontal kanopi dari foto udara, yaitu kerapatan pohon dan crown closure, digunakan sebagai variabel prediktor dalam model Random Forest. Kinerja model dievaluasi menggunakan *Leave-One-Out Cross-Validation* (LOOCV) dan dinilai menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *relative RMSE* (rRMSE), bias, *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Weighted Absolute Percentage Error* (WAPE). Validasi statistik dilakukan melalui uji normalitas Shapiro–Wilk dan uji t berpasangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh model menghasilkan prediksi yang secara statistik sebanding dengan data lapangan, ditunjukkan oleh residual yang berdistribusi normal serta tidak adanya perbedaan signifikan antara nilai observasi dan prediksi ($p > 0,05$). Model gabungan LiDAR dan foto udara memberikan kinerja terbaik dengan nilai RMSE sebesar 27,77 Mg ha^{-1}, rRMSE sebesar 20,38%, MAE sebesar 21,26 Mg ha^{-1}, WAPE sebesar 15,60%, serta bias sebesar −0,24 Mg ha^{-1}. Sebagai perbandingan, model berbasis foto udara dan LiDAR secara terpisah menghasilkan nilai rRMSE yang lebih tinggi, masing-masing sebesar 25,03% dan 26,69%. Analisis tingkat kepentingan variabel menunjukkan bahwa *Tree_Count* merupakan prediktor paling berpengaruh, diikuti oleh *Crown_Closure* dan metrik tinggi LiDAR, khususnya h50 dan h90. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi informasi struktur horizontal kanopi dari foto udara dan struktur vertikal kanopi dari LiDAR mampu meningkatkan akurasi estimasi AGB pada tingkat plot. Pendekatan ini dapat digunakan sebagai metode praktis untuk mendukung inventarisasi biomassa pada hutan tanaman *Eucalyptus pellita*.

Kata Kunci: penginderaan jauh, pemodelan hutan, inventarisasi hutan, biomassa tegakan, estimasi stok karbon.

---

[1] Mahasiswa Fakultas Kehutanan UGM
[2] Staff Pengajar Fakultas Kehutanan UGM

Estimasi Biomassa di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Tanamn Eucalyptus pellita menggunakan UAV-LiDAR
dan Foto Udara
Muhammad Arrafi Noor, Dr. Ir. Wahyu Wardhana, S.Hut., M.Sc., IPU.; Ir. Budi Mulyana, S.Hut., M.Si., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABOVEGROUND BIOMASS ESTIMATION OF Eucalyptus pellita PLANTATION USING UAV-LIDAR AND AERIAL IMAGERY

Muhammad Arrafi Noor[1], Wahyu Wardhana[2], Budi Mulyana[2]

ABSTRACT

Accurate and efficient above-ground biomass (AGB) estimation is important for supporting forest inventory and carbon-related assessment in industrial plantation forests. This study evaluated the performance of unmanned aerial vehicle (UAV)-based Light Detection and Ranging (LiDAR), aerial imagery, and their integration for estimating plot-level AGB in 5–6-year-old Eucalyptus pellita plantations. Field reference data were collected from 31 permanent sample plots. Plot-level AGB was derived from stand volume using a species-specific volume–biomass equation, while LiDAR-derived height metrics and aerial-imagery-derived horizontal canopy variables, including tree density and crown closure, were used as predictors in Random Forest models. Model performance was assessed using Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV) and evaluated using Root Mean Square Error (RMSE), relative RMSE (rRMSE), bias, Mean Absolute Error (MAE), and Weighted Absolute Percentage Error (WAPE). Statistical validation was conducted using the Shapiro–Wilk normality test and paired t-test. The results showed that all models produced predictions that were statistically comparable with field observations, as indicated by normally distributed residuals and no significant differences between observed and predicted AGB values ($p > 0.05$). The combined LiDAR and aerial imagery model achieved the best performance, with an RMSE of 27.77 Mg ha^{-1}, rRMSE of 20.38%, MAE of 21.26 Mg ha^{-1}, WAPE of 15.60%, and bias of −0.24 Mg ha^{-1}. In comparison, the aerial-imagery-only and LiDAR-only models produced higher rRMSE values of 25.03% and 26.69%, respectively. Variable importance analysis indicated that Tree_Count was the most influential predictor, followed by Crown_Closure and LiDAR height metrics, particularly h50 and h90. These results demonstrate that integrating horizontal canopy information from aerial imagery and vertical canopy structure from LiDAR improved the accuracy of plot-level AGB estimation. This approach provides a practical method for supporting biomass inventory in Eucalyptus pellita plantation forests.

Keywords: *remote sensing, forest modeling, forest inventory, stand biomass, carbon stock estimation*

[1] Student of Forest Management Department, Faculty of Forestry, Gadjah Mada University
[2] Lecturer of Forest Management Department, Faculty of Forestry, Gadjah Mada University