Estimasi Stok Krbon Mahoni Berbasis Machine Learning Menggunakan Segmentasi Tajuk Terbaik Citra UAV
Di Wanagama I Gunung Kidul: Perbandingan Mask R-CNN dan GeoSAM
Muhammad Najwan Akbar, Bekti Larasati, S.Hut., M.Sc., M.Agr.Sc.; Ir. Budi Mulyana, S.Hut., M.Si., Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ESTIMASI STOK KARBON MAHONI BERBASIS MACHINE LEARNING MENGGUNAKAN SEGMENTASI TAJUK TERBAIK CITRA UAV DI WANAGAMA I GUNUNGKIDUL: PERBANDINGAN MASK R-CNN DAN GEOSAM

Muhammad Najwan Akbar[1], Bekti Larasati[2], Budi Mulyana[3]

INTISARI

Intarisasi karbon hutan konvensional memiliki keterbatasan cakupan spasial, sehingga pendekatan berbasis citra *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *Individual Tree Crown* (ITC) menjadi alternatif untuk estimasi karbon mahoni (*Swietenia macrophylla*) di Petak 16 KHDTK Wanagama I, Gunungkidul. Petak 16 memiliki luas 71,4 ha, dengan area analisis sekitar 5,8 ha. Penelitian ini bertujuan (1) membandingkan kinerja *Mask R-CNN* dan *GeoSAM* dalam segmentasi tajuk mahoni serta (2) mengestimasi stok karbon individu menggunakan *machine learning* berdasarkan fitur biogeometrik hasil segmentasi terbaik.

Kedua metode segmentasi dievaluasi terhadap 351 *pohon ground truth* pada ambang *Intersection over Union* (IoU) 0,5, meliputi deteksi, kesesuaian geometris, ketepatan batas, dan topologi. Tujuh algoritma ensemble machine learning (*Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, AdaBoost, XGBoost, LightGBM*, dan *CatBoost*) dibandingkan melalui *repeated k-fold cross-validation* menggunakan 126 pohon sampel karbon, lima skema fitur dari 38 prediktor UAV, serta persamaan alometrik Chave et al. (2014) dan Wirabuana et al. (2021). Model terpilih diterapkan pada 364 individu hasil segmentasi.

Hasil menunjukkan bahwa *Mask R-CNN* lebih unggul dibandingkan *GeoSAM* (F1 sebesar 0,9175 berbanding 0,5427; rata-rata IoU sebesar 0,8298 berbanding 0,7549; Pada persamaan Chave, S1–*AdaBoost* menghasilkan R^2 validasi silang tertinggi sebesar 0,3275 dan R^2 data uji 0,4562. Pada persamaan Wirabuana, S5–*CatBoost* memperoleh R^2 validasi silang tertinggi sebesar 0,2389, sedangkan S1–*Random Forest* menghasilkan R^2 data uji tertinggi sebesar 0,4080. Estimasi stok karbon pada 364 individu mencapai 493,30 ton C untuk *Chave–AdaBoost* dan 523,26 ton C untuk *Wirabuana–Random Forest*. Nilai tersebut merupakan agregasi prediksi individu, bukan estimasi per hektare. *Mask R-CNN* lebih efektif untuk segmentasi tajuk mahoni, sedangkan pemodelan karbon berbasis UAV masih memiliki kemampuan prediksi terbatas.

Kata Kunci: *Mask R-CNN*, *GeoSAM*, *Machine Learning*, *Instance Segmentation*, AdaBoost

---

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

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Estimasi Stok Krbon Mahoni Berbasis Machine Learning Menggunakan Segmentasi Tajuk Terbaik Citra UAV
Di Wanagama I Gunung Kidul: Perbandingan Mask R-CNN dan GeoSAM**
Muhammad Najwan Akbar, Bekti Larasati, S.Hut., M.Sc., M.Agr.Sc.; Ir. Budi Mulyana, S.Hut., M.Si., Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MACHINE LEARNING-BASED CARBON STOCK ESTIMATION OF MAHOGANY USING THE BEST-PERFORMING CROWN SEGMENTATION FROM UAV IMAGERY IN WANAGAMA I, GUNUNGKIDUL: A COMPARISON OF MASK R-CNN AND GEOSAM

Muhammad Najwan Akbar[1], Bekti Larasati[2], Budi Mulyana[3]

ABSTRACT

Conventional forest carbon inventories have limited spatial coverage, making Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery and Individual Tree Crown (ITC) delineation promising alternatives for estimating mahogany (Swietenia macrophylla) carbon stocks in Petak 16, KHDTK Wanagama I, Gunungkidul, Indonesia. Petak 16 covers 71.4 ha, with an analysis area of approximately 5.8 ha. This study aims to (1) compare Mask R-CNN and GeoSAM for mahogany crown segmentation and (2) estimate individual-tree carbon stocks using machine learning models based on biogeometric features from the best-performing segmentation.

Both segmentation methods were evaluated against 351 ground truth trees at an Intersection over Union (IoU) threshold of 0.5, covering detection, geometric overlap, boundary accuracy, and topology. Seven ensemble machine learning algorithms (Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, AdaBoost, XGBoost, LightGBM, and CatBoost) were compared through repeated k-fold cross-validation using 126 sampled trees, five feature configurations derived from 38 UAV predictors, and the allometric equations of Chave et al. (2014) and Wirabuana et al. (2021). The selected models were applied to 364 segmented trees.

Mask R-CNN outperformed GeoSAM (F1-score of 0.9175 versus 0.5427; mean IoU of 0.8298 versus 0.7549; $p<0.001$). For the Chave equation, S1–AdaBoost achieved the highest cross-validation R^2 of 0.3275 and a test R^2 of 0.4562. For the Wirabuana equation, S5–CatBoost achieved the highest cross-validation R^2 of 0.2389, while S1–Random Forest obtained the highest test R^2 of 0.4080. Carbon stock estimates for 364 trees totaled 493.30 tonnes C for Chave–AdaBoost and 523.26 tonnes C for Wirabuana–Random Forest. These values represent aggregated individual-tree predictions rather than per-hectare estimates. Mask R-CNN provided more effective crown segmentation, while UAV-based carbon prediction remained limited in predictive performance.

Keywords: *Mask R-CNN, GeoSAM, Machine Learning, Instance Segmentation, AdaBoost*

---

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