Estimasi Karbon dan Nilai Ekonominya Menggunakan Perbandingan Indeks Vegetasi Citra Sentinel-2 di
Kawasan Hutan Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Tanggung KPH Semarang Provinsi Jawa Tengah
Rina Puspitasari, Dr. Prima Widayani, S.Si., M.Si ; Dr. Retnadi Heru Jatmiko, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

This research aims to develop a carbon stock estimation model and calculate its economic value in the BKPH Tanggung KPH Semarang forest area, Central Java. Considering the complexity of the teak and gamal structure and the challenge of spectral saturation in densely covered forest areas, this study conducts a comparative evaluation of the effectiveness of seven vegetation indices, namely NDVI, GNDVI, EVI, MSAVI, CI Red Edge, IRECI, and GVMI.

The research methodology began with resampling the Sentinel-2 bands to a spatial resolution of 10 meters to maintain the spatial detail of the objects, followed by land cover classification using the Maximum Likelihood Classification (MLC) method to separate vegetation classes.

The analysis of land cover dynamics in BKPH Tanggung for the period 2018–2026 shows that 71.19% of the area is permanent land, while the changes in land cover (forest harvesting of 524.74 ha and forest planting of 695.93 ha) are dominated by silvicultural management systems. The correlation between the vegetation index and field biomass was analyzed using a series of non-linear regression models, namely quadratic, power, and logarithmic to identify the model with the highest accuracy based on R^2 and RMSE values. The research results show that the quadratic model of the IRECI index is best for modeling teak class age 1 (9 to ≤ 12 years) with R^2 0.665 and EVI for teak class age (13 to ≤ 16 years) with R^2 0.223. Meanwhile, the GNDVI index is optimal for modeling gamal (age ± 1 year) and NDVI for gamal (age ± 2 years). The accuracy test of the model on teak obtained a coefficient of determination (R^2) of 80%, while the accuracy test of the model on gamal obtained an R^2 of 1%. The success of the model on the teak stand is supported by a well-structured forest management system, homogeneous planting distances, and minimal secondary intervention on the upper canopy. On the contrary, the total failure in the gamal stand serves as concrete evidence of anthropogenic disturbances in the form of periodic leaf pruning activities, thereby confirming that the passive optical vegetation index approach is not recommended for quantitative biomass estimation in forest types with intensive human activity disturbances. The total accumulation of aboveground carbon reserves increased from 64,422.88 tons of C in 2018 to 66,263.85 tons of C in 2026. This results in a net carbon absorption of 1,840.97 tons of C equivalent to a greenhouse gas mitigation capacity of 6,756.36 tons of CO2e. Based on the domestic policy corridor of the Carbon Tax under the HPP Law No. 7 of 2021 with a rate of Rp30,000.00 per tCO2e, this area generates a Carbon Economic Value (NEK) of approximately Rp202,690,800. Meanwhile, if integrated into the voluntary international carbon market trading scheme with an average rate of Rp178,249.50 per tCO2e, its economic value potential skyrockets to approximately Rp1,204,317,791.82. The calculation of carbon reserves converted into Carbon Economic Value (CEV) is expected to become a strategic instrument for forest managers in supporting the implementation of national climate change mitigation policies thru the FOLU Net Sink 2030 program.

Keywords: Sentinel-2, Carbon Estimation, Vegetation Indices, Red-Edge, Carbon Economic Value, BKPH Tanggung.

Estimasi Karbon dan Nilai Ekonominya Menggunakan Perbandingan Indeks Vegetasi Citra Sentinel-2 di
Kawasan Hutan Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Tanggung KPH Semarang Provinsi Jawa Tengah
Rina Puspitasari, Dr. Prima Widayani, S.Si., M.Si ; Dr. Retnadi Heru Jatmiko, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model estimasi cadangan karbon serta menghitung nilai ekonominya di kawasan hutan BKPH Tanggung KPH Semarang, Jawa Tengah. Mengingat kompleksitas struktur tegakan jati dan gamal serta tantangan saturasi spektral pada area hutan dengan tutupan rapat, penelitian ini melakukan evaluasi komparatif terhadap efektivitas tujuh indeks vegetasi yaitu NDVI, GNDVI, EVI, MSAVI, CI *Red Edge*, IRECI, dan GVMI.

Metodologi penelitian dimulai dengan resampling *band* Sentinel-2 ke resolusi spasial 10 meter untuk mempertahankan detail spasial objek diikuti dengan klasifikasi penutup lahan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) untuk memisahkan kelas vegetasi.

Analisis dinamika penutup lahan di BKPH Tanggung periode 2018–2026 menunjukkan bahwa 71,19% wilayah merupakan lahan tetap, sementara perubahan tutupan yang terjadi (pemanenan hutan sebesar 524,74 ha dan penanaman hutan sebesar 695,93 ha) didominasi oleh sistem manajemen silvikultur. Korelasi antara indeks vegetasi dan biomassa lapangan dianalisis menggunakan serangkaian pemodelan regresi non-linear yaitu kuadratik, power, dan logaritmik untuk mengidentifikasi model dengan akurasi tertinggi berdasarkan nilai R^2 dan RMSE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model kuadratik indeks IRECI terbaik dalam memodelkan jati kelas umur 1 (9 sd ≤ 12 tahun) dengan R^2 0,665 dam EVI untuk jati kelas umur (13 sd ≤ 16 tahun) dengan R^2 0,223. Sedangkan indeks GNDVI optimal untuk memodelkan gamal (usia ± 1 tahun) dan NDVI untuk gamal (usia ± 2 tahun). Uji akurasi model pada jati didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 80 % dan uji akurasi model gamal dengan R^2 sebesar 1%. Keberhasilan model pada tegakan jati didukung oleh struktur manajemen hutan tanaman yang teratur, berjarak tanam homogen, serta minim intervensi sekunder pada kanopi atas. Sebaliknya, kegagalan total pada tegakan gamal menjadi bukti nyata dari adanya gangguan antropogenik berupa aktivitas pemangkasan daun secara berkala sehingga menegaskan bahwa pendekatan indeks vegetasi optik pasif tidak direkomendasikan untuk estimasi kuantitatif biomassa pada tipe hutan yang memiliki gangguan aktivitas manusia yang intensif.Akumulasi total cadangan karbon atas permukaan tanah meningkat dari 64.422,88 Ton C pada tahun 2018 menjadi 66.263,85 Ton C pada tahun 2026. Hal tersebut menghasilkan *net*-serapan karbon bersih sebesar 1.840,97 Ton C yang setara dengan kapasitas mitigasi gas rumah kaca sebesar 6.756,36 tonCO2e. Berdasarkan koridor kebijakan domestik Pajak Karbon UU HPP No. 7 Tahun 2021 dengan tarif Rp30.000,00 per tCO2e, kawasan ini menghasilkan Nilai Ekonomi Karbon (NEK) sebesar ± Rp202.690.800,-. Sementara jika diintegrasikan ke dalam skema perdagangan pasar karbon internasional sukarela dengan basis tarif rata-rata Rp178.249,50 per tCO2e, potensi nilai ekonominya melonjak tinggi mencapai ± Rp1.204.317.791,82. Hasil perhitungan cadangan karbon yang dikonversi menjadi Nilai Ekonomi Karbon (NEK) diharapkan dapat menjadi instrumen strategis bagi pengelola hutan dalam mendukung implementasi kebijakan mitigasi perubahan iklim nasional melalui program FOLU *Net Sink* 2030.

Kata Kunci: Sentinel-2, Estimasi Karbon, Indeks Vegetasi, Red-Edge, Nilai Ekonomi Karbon, BKPH Tanggung, FOLU Net Sink.