

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN ESTIMASI KERAPATAN KARBON VEGETASI MENGGUNAKAN UAV LIDAR DAN INTEGRASI GEDI DENGAN SENTINEL-1/2

Oleh
Aldy Lois Pranata Sinurat
NIM: 117220021
(Program Studi Sarjana Teknik Geomatika)

Estimasi kerapatan karbon vegetasi merupakan komponen penting dalam pemantauan stok karbon dan mitigasi perubahan iklim. Perkembangan teknologi penginderaan jauh seperti UAV LiDAR dan misi GEDI yang dikombinasikan dengan citra Sentinel-1/2 memberikan peluang untuk mengestimasi karbon secara spasial dengan pendekatan yang berbeda. Namun, perbedaan karakteristik data dan metode berpotensi menghasilkan variasi estimasi yang signifikan, terutama pada lanskap heterogen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan hasil estimasi serta kesesuaian pola hubungan antara kedua pendekatan tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif antara estimasi kerapatan karbon berbasis UAV LiDAR dan integrasi GEDI dengan Sentinel-1/2. Model *Random Forest* dikembangkan menggunakan data GEDI sebagai variabel target dan variabel prediktor berupa indeks vegetasi (NDVI dan IRECI) dari Sentinel-2 serta *backscatter* radar (VV dan VH) dari Sentinel-1. Validasi model dilakukan menggunakan metode *Leave One Out Cross Validation* (LOOCV). Estimasi kerapatan karbon berbasis UAV LiDAR diperoleh melalui pendekatan *area based* menggunakan *Canopy Height Model* (CHM). Analisis dilakukan pada grid 1 hektar untuk membandingkan hasil estimasi kedua metode serta mengkaji perbedaan dan kesesuaian pola hubungan antara keduanya menggunakan metrik statistik seperti bias, RMSE, dan koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi kerapatan karbon antara kedua metode memiliki perbedaan yang bervariasi tergantung pada tipe tutupan lahan, dengan bias sebesar -5,56 Mg C/ha dan RMSE sebesar 22,07 MgC/ha. UAV LiDAR cenderung menghasilkan nilai yang lebih tinggi pada vegetasi berkayu, sedangkan integrasi GEDI dengan Sentinel menghasilkan nilai yang lebih tinggi pada perkebunan kelapa sawit. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,41 menunjukkan adanya hubungan searah dengan tingkat konsistensi yang terbatas. Kesesuaian yang lebih tinggi ditemukan pada tutupan lahan homogen dibandingkan grid campuran. Perbedaan hasil estimasi dipengaruhi oleh perbedaan cara kedua metode dalam merepresentasikan struktur vegetasi serta kondisi lanskap yang heterogen.

Kata kunci: GEDI, Kerapatan karbon Random Forest, Sentinel, UAV LiDAR

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF VEGETATION CARBON DENSITY ESTIMATION USING UAV-LIDAR AND INTEGRATION OF GEDI WITH SENTINEL-1/2

By

Aldy Lois Pranata Sinurat

NIM: 117220021

(Geomatics Engineering Undergraduated Program)

Vegetation carbon density estimation is a key component in monitoring carbon stocks and supporting climate change mitigation efforts. Advances in remote sensing technologies, such as UAV LiDAR and the GEDI mission integrated with Sentinel-1/2 imagery, provide opportunities to estimate carbon spatially using different approaches. However, differences in data characteristics and methodologies may lead to significant variations in estimation results, particularly in heterogeneous landscapes. Therefore, this study aims to analyze the differences in estimation results as well as the consistency of the relationship between the two approaches. This study applies a comparative approach between carbon density estimation derived from UAV LiDAR and the integration of GEDI with Sentinel-1/2. A Random Forest model was developed using GEDI data as the target variable and vegetation indices (NDVI and IRECI) from Sentinel-2, along with radar backscatter (VV and VH) from Sentinel-1, as predictor variables. Model validation was conducted using Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV). Carbon density estimation from UAV LiDAR was derived using an area-based approach based on the Canopy Height Model (CHM). The analysis was performed on 1-hectare grids to compare estimation results and to examine differences and the consistency of the relationship between both approaches using statistical metrics such as bias, RMSE, and the coefficient of determination (R^2). The results indicate that carbon density estimates from the two approaches vary depending on land cover type, with an overall bias of -5.56 Mg C/ha and RMSE of 22.07 MgC/ha. UAV LiDAR tends to produce higher estimates in woody vegetation, whereas the GEDI-Sentinel integration produces higher estimates in oil palm plantations. The coefficient of determination (R^2) of 0.41 indicates a positive relationship with limited consistency. Higher agreement is observed in homogeneous land cover compared to mixed grids. The differences in estimation results are influenced by the different ways each approach represents vegetation structure, as well as by the heterogeneous landscape conditions.

Keywords: GEDI, carbon density, Random Forest, Sentinel, UAV LiDAR