



REMOTE SENSING MODEL DEVELOPMENT FOR SEAGRASS AND MANGROVES CARBON STOCK MAPPING ABSTRACT

Among vegetated coastal habitats, seagrass and mangroves are the most effective blue carbon sink. The ability of these habitats to sequester CO₂ from the atmosphere surpasses any terrestrial ecosystems considerably. However, continuous and spatial and temporally explicit information about the carbon stock of these habitats are currently lacking at various levels of scales and user needs, which is mainly due to the limitation and difficulties of performing field data collection. This highly demanding carbon stock information can only be obtained using remote sensing. The aims of this research are to map seagrass and mangroves carbon stock using remote sensing, develop remote sensing model for seagrass and mangroves carbon stock mapping, and estimate the total carbon stock of seagrass and mangroves carbon stock in Karimunjawa Islands. Worldview-2, ALOS AVNIR-2, ASTER VNIR, Landsat 5 TM, and Landsat 7 ETM+ images are selected to represent data at various level of mapping scales. Several geometric and radiometric approaches were applied to isolate seagrass and mangroves reflectance. Seagrass and mangroves carbon stock were mapped using semi empirical modeling. The input for seagrass carbon stock modeling are deglint bands, water column corrected bands, and PC bands, while for mangroves carbon stock modeling the inputs are vegetation index, PC bands, and image fraction from linear spectral unmixing, and spectral angle mapper. Field data are collected to build the model as well as to understand the relationship between seagrass and mangroves biophysical properties, which is also very important to construct the framework of the mapping. Remote sensing model for seagrass and mangroves carbon stock mapping was developed by considering the underlying framework, the effective input data, the assumptions and limitations during the mapping, the methodology to map the carbon stock, and the expected accuracy. The resulting model covers the logics behind the ability of remote sensing to explain the variation of seagrass and mangroves carbon stock and the technical mapping framework. The results show that remote sensing can be used to map seagrass and mangroves carbon stock. Seagrass carbon stock can be mapped with maximum accuracy of 49.23% (SE = 6.64 gC/m²), 55.64% (SE = 59.52% gC/m²), and 92.9% (SE = 17.41 gC/m²) for the AGC, BGC, and sediment carbon stock. For mangroves, the AGC, BGC, and soil carbon stock can be mapped with 77.81% (SE = 5.71 kgC/m²), 60.82% (SE = 2.48 kgC/m²), and 82.5% (SE = 1.22 kgC/m²) accuracy respectively. From the model, total ecosystem carbon stock in seagrass and mangroves in Karimunjawa Islands are estimated to be around 622.9 and 181,195.88 tones of organic carbon respectively. The availability of remote sensing model for seagrass and mangroves carbon stock mapping is very important to provide better understanding about their spatio-temporal carbon dynamics distribution. In addition, carbon stock maps are beneficial to assist various management activities including determining protected zones, assisting the process of mangroves conservation, setting the baseline for natural resource inventory, and evaluating management impacts.

Keywords: seagrass, mangroves, carbon stock, multispectral, remote sensing model



PENGEMBANGAN MODEL PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN STOK KARBON PADANG LAMUN DAN HUTAN MANGROVE

Abstrak

Padang lamun dan mangrove merupakan *blue carbon sink* yang paling efektif. Kemampuan mereka dalam men-sekuester CO₂ dari atmosfer jauh melebihi ekosistem darat. Meskipun demikian, informasi spasial maupun temporal tentang stok karbon padang lamun dan mangrove pada berbagai skala kedetilan dan kebutuhan pengguna sangat terbatas, yang utamanya disebabkan karena keterbatasan dan kesulitan dalam melakukan koleksi data di lapangan. Sehingga, informasi stok karbon tersebut hanya dapat secara efektif diperoleh melalui penginderaan jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) memetakan stok karbon padang lamun dan mangrove dengan menggunakan penginderaan jauh, 2) membangun model penginderaan jauh untuk pemetaan stok karbon padang lamun dan mangrove, dan 3) melakukan estimasi total stok karbon padang lamun dan mangrove di Kepulauan Karimunjawa. Citra Worldview-2, ALOS AVNIR-2, ASTER VNIR, Landsat 5 TM, dan Landsat 7 ETM+ dipilih untuk mewakili data penginderaan jauh pada berbagai tingkat skala pemetaan. Koreksi geometrik dan beberapa pendekatan radiometrik diterapkan untuk mengisolasi pantulan spektral lamun dan mangrove. Stok karbon padang lamun dan mangrove dipetakan dengan menggunakan model semi empiris. Input untuk pemodelan stok karbon lamun adalah band *deglint*, band terkoreksi kolom air, dan band *Principle Component* (PC), sedangkan untuk pemodelan stok karbon mangrove, inputnya adalah indeks vegetasi, band PC, dan citra fraksi dari analisis *Linear Spectral Unmixing* (LSU), dan *Spektral Angle Mapper* (SAM). Data lapangan digunakan untuk membangun model serta memahami hubungan antar properti biofisik lamun dan mangrove, yang sangat penting untuk membangun *framework* pemetaan. Model Penginderaan jauh untuk pemetaan stok karbon padang lamun dan mangrove dikembangkan dengan mempertimbangkan kerangka pikir yang mendasari proses pemetaan, data masukan yang efektif, asumsi dan keterbatasan selama pemetaan, metodologi untuk pemetaan stok karbon, dan rentang akurasi yang dapat diperoleh. Model yang dihasilkan meliputi logika di balik kemampuan penginderaan jauh dalam menjelaskan variasi stok karbon padang lamun dan mangrove serta kerangka teknis pemetaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan stok karbon padang lamun dan mangrove. Stok karbon padang lamun dapat dipetakan dengan akurasi maksimum 49,23% (SE = 6,64 gC/m²), 55,64% (SE = 59,52% gC/m²), dan 92,9% (SE = 17,41 gC/m²) untuk AGC (stok karbon atas), BGC (stok karbon bawah), dan stok karbon sedimennya, Mangrove AGC, BGC, dan stok karbon tanah dapat dipetakan dengan akurasi maksimum 77,81% (SE = 5,71 kgC/m²), 60,82% (SE = 2,48 kgC/m²), dan 82,5% (SE = 1,22 kgC/m²). Berdasarkan peta hasil pemodelan, total stok karbon ekosistem lamun dan mangrove di Kepulauan Karimunjawa diperkirakan sekitar 622,9 dan 181.195,88 ton karbon organik. Tersedianya model penginderaan jauh untuk pemetaan stok karbon lamun dan mangrove sangat penting untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi dan dinamika karbon mereka secara spatio-temporal. Selain itu, peta stok karbon sangat bermanfaat dalam membantu berbagai kegiatan pengelolaan pesisir dan pulau-pulau kecil.

Kata kunci: padang lamun, mangrove, stok karbon, multispektral, model penginderaan jauh