



JURNAL PENDIDIKAN GEOGRAFI

DISTRIBUSI EKOSISTEM KARBON BIRU DI PULAU KECIL MENGUNAKAN LANDSAT-8 (STUDI KASUS: PULAU PRAMUKA DAN SEKITARNYA)

Budi Utami Hanjaniputri¹, Wiwin Windupranata², Akhmad Riqqi²

budiutamihanjaniputri@gmail.com¹ w.windupranata@itb.ac.id² riqqi@gd.itb.ac.id³

¹ Program Studi Magister Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi
Kebumian, Institut Teknologi Bandung

^{2,3} Staf Pengajar Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung

ABSTRACT

The ecosystem of the seashore and the ocean consist of mangrove, seagrass beds, and brackish mars which can pervade the carbon dioxide from the atmosphere and the ocean in the bigger amount than the forest does. That kind of ecosystem known as the Blue Carbon Ecosystem. Ecosystem service mapping is the most important step in the valuation, because it shows important information about ecosystem service of certain area in the bigger scale. This research is aimed to map the ecosystem of mangrove and seagrass beds which exist in small island. This blue carbon ecosystem mapping used remote sensing technology by using satellite imagery Landsat-8. Normalized difference vegetation Index (NDVI) method used to map the ecosystem of mangrove. While, to map the seagrass beds ecosystem used unattended clarification method after going through the correction of water column of Depth-Invariant Index (DII). The final result shows that Pramuka Island has mangrove ecosystem wider than two Islands around it., while the widest seagrass ecosystem is in Panggang Island. It happens because the ecosystem of mangrove in the research location is the result of mangrove planting activity, and it is different with the ecosystem of seagrass which grew naturally. Mangrove planting activity is more focused to Pramuka Island.

Keywords: DII, Blue Carbon, Mangrove, NDVI, Seagrass Beds, Mapping, Small Island, Remote Sensing.

ABSTRAK

Ekosistem pesisir dan laut yang terdiri dari mangrove, padang lamun, dan rawa payau, dapat menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer dan laut dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan hutan daratan. Ekosistem tersebut dikenal sebagai Ekosistem Karbon Biru. Pemetaan jasa ekosistem merupakan tahap penting dalam valuasi, karena dapat memperlihatkan informasi penting jasa ekosistem pada daerah tertentu dalam skala besar. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan ekosistem mangrove dan padang lamun yang terdapat di pulau kecil. Pemetaan ekosistem Karbon Biru menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit Landsat-8. Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) digunakan untuk memetakan ekosistem mangrove. Sedangkan untuk memetakan ekosistem padang lamun menggunakan metode klasifikasi tak terbimbing setelah melalui koreksi kolom air Depth-Invariant Index (DII). Hasil yang didapat menunjukkan Pulau Pramuka memiliki ekosistem mangrove lebih luas dibandingkan dua pulau di sekitarnya, sedangkan ekosistem padang lamun terluas terdapat di Pulau Panggang. Hal ini disebabkan karena ekosistem mangrove di lokasi penelitian merupakan hasil dari

kegiatan penanaman mangrove, sedangkan ekosistem padang lamun alami. Kegiatan penanaman mangrove lebih difokuskan ke Pulau Pramuka.

Kata kunci: DII, Karbon Biru, Mangrove, NDVI, Padang Lamun, Pemetaan, Pulau Kecil, Remote Sensing

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat emisi gas-gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer merupakan isu global yang sudah terjadi sejak lama. Berbagai macam penanggulangan yang telah dilakukan tetap tidak cukup dalam mengurangi gas-gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer. Bukti ilmiah saat ini sudah membuktikan bahwa ekosistem laut tertentu dapat berperan sebagai carbon sinks, yang dapat menyerap lebih dari 55% karbon dunia, lebih besar dibandingkan hutan daratan. Ekosistem-ekosistem tersebut, yang terdiri dari antara lain hutan mangrove, padang lamun, dan rawa payau, dikenal sebagai Ekosistem Karbon Biru (Herr et al, 2012). Ekosistem Karbon Biru akan melepaskan karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar ke atmosfer jika ekosistem tersebut terdegradasi, hilang, maupun terkonversi menjadi lahan lain. Menurut Pendleton et al. (2012), hilangnya tiga ekosistem karbon biru setiap tahunnya menyebabkan emisi yang serupa dengan emisi CO₂ tahunan dari bahan bakar fosil di Inggris (negara dengan tingkat emisi tertinggi kesembilan).

Pemetaan ekosistem karbon biru tersebut dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi dari ekosistem tersebut. Pemetaan dapat memperlihatkan informasi penting dari ekosistem tersebut dalam skala yang besar (Schägner et al, 2013). Hal ini akan mempermudah para pengambil kebijakan dan stakeholder untuk memahami kondisi terkini dari ekosistem yang dipetakan.

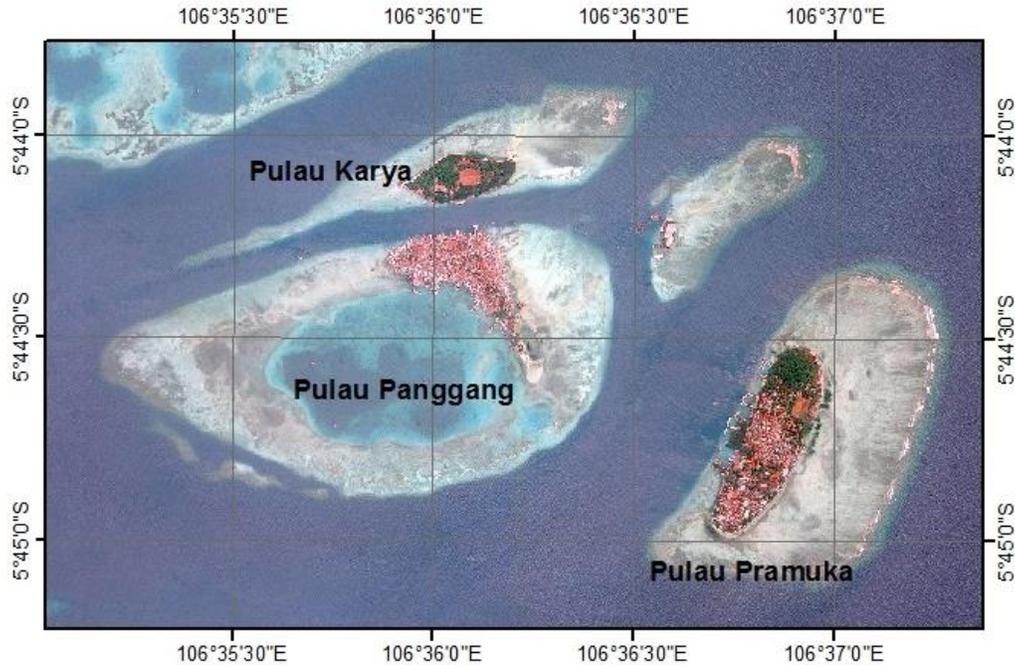
Pulau Pramuka, Panggang, dan Karya merupakan pulau-pulau yang

terletak di Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Kepulauan Seribu merupakan kepulauan yang terletak di sebelah utara Teluk Jakarta dan merupakan bagian dari Laut Jawa. Kepulauan Seribu terdiri dari 110 pulau yang 11 pulau diantaranya merupakan area pemukiman dan 2 pulau merupakan Taman Sejarah. Pulau-pulau yang tidak berpenghuni dijadikan area konservasi. Kepulauan Seribu telah ditetapkan sebagai Daerah Perlindungan Laut yang dinamakan Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya, Kabupaten Kepulauan Seribu (Gambar 1). Pulau Pramuka, Panggang, dan Karya menjadi salah satu pulau yang menjadi lokasi penanaman mangrove di Kepulauan Seribu. Penanaman mangrove telah dilakukan oleh Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu (BTNKpS).

Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama adalah tahap pre-processing yang terdiri dari koreksi atmosferik dan proses pemisahan (masking) antara daratan dan lautan. Tahap kedua adalah memetakan ekosistem mangrove dan padang lamun. Pemetaan ekosistem mangrove menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Sedangkan pemetaan ekosistem padang lamun menggunakan metode koreksi kolom air *Depth-Invariant Index* (DII) klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*).



Gambar 1. Wilayah Kajian.

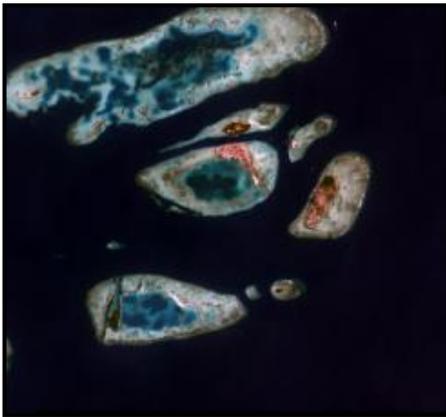
Tahap *pre-processing* merupakan tahap yang sangat penting dalam interpretasi citra satelit untuk mengurangi pengaruh atmosfer (noise). Perbandingan citra sebelum dan sesudah dilakukan koreksi atmosferik dapat dilihat pada Gambar 2. Koreksi atmosferik pada penelitian ini menggunakan metode Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH). Metode FLAASH memberikan fleksibilitas tinggi

dibandingkan metode koreksi atmosferik lainnya dalam hasil kalkulasi perpindahan radiansi untuk berbagai kondisi atmosfer yang dapat terjadi, termasuk kesalahan dalam sudut pengamatan (Kruse, 2004). FLAASH menggunakan model atmosferik MODTRAN4 untuk mereduksi pengaruh atmosferik melalui pendekatan fisik secara akurat. Algoritma yang digunakan dalam metode FLAASH adalah sebagai berikut.

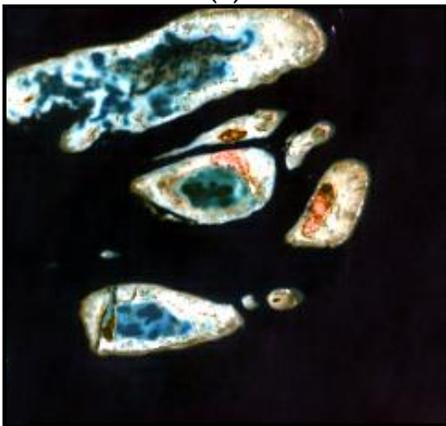
$$L_0(\lambda) = L_{\text{sun}}(\lambda) T(\lambda) R(\lambda) \cos(\theta) + L_{\text{path}}(\lambda)$$

Keterangan:

- λ : panjang gelombang
- $L_0(\lambda)$: radiansi yang diterima oleh sensor
- $L_{\text{sun}}(\lambda)$: lapisan atmosfer diatas radiansi matahari
- $T(\lambda)$: total transmisi pada atmosfer
- $R(\lambda)$: reflektansi permukaan
- θ : sudut observasi
- $L_{\text{path}}(\lambda)$: hamburan jalur radiansi



(a)

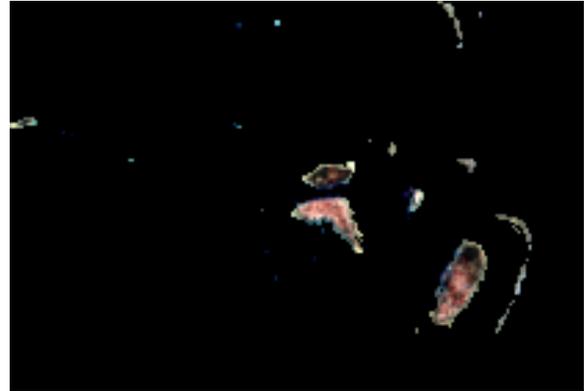


(b)

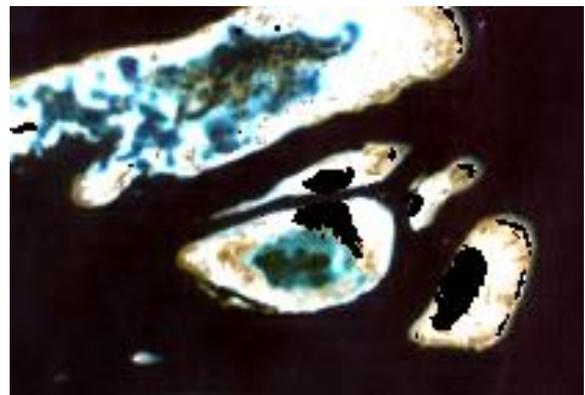
Gambar 2. Perbandingan Citra Satelit Sebelum (a) dan Sesudah (b) dilakukan Koreksi Atmosferik

Tahap selanjutnya adalah proses pemisahan (masking) antara daratan dan lautan menggunakan delinieasi garis pantai menggunakan kanal inframerah. Kanal inframerah dapat menyajikan garis pantai yang jelas karena air merupakan media absorbs yang kuat untuk gelombang inframerah dekat dan mid-infrared. Delinieasi garis pantai ini kemudian digunakan untuk proses masking. Proses pemisahan daratan dan lautan digunakan untuk mengeliminasi piksel-piksel yang tidak digunakan untuk pengolahan citra dengan memberikan nilai nol (null) untuk piksel-piksel yang tidak digunakan. Untuk pemetaan mangrove, piksel yang terdefinisi sebagai lautan tidak akan digunakan (karena mangrove terdapat diatas

permukaan air), sehingga piksel lautan akan diberikan nilai nol (Gambar 3). Sedangkan untuk pemetaan padang lamun, piksel yang terdefinisi sebagai daratan tidak akan digunakan (Gambar 4).



Gambar 3. Masking Laut



Gambar 4. Masking Daratan

Sebaran ekosistem mangrove dianalisis menggunakan metode transformasi indeks vegetasi yang disebut Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). NDVI adalah proses kalkulasi yang menggunakan citra satelit untuk memperoleh nilai Indeks Vegetasi. NDVI dapat mendeteksi tingkat kehijauan untuk klasifikasi vegetasi berdasarkan kepadatannya. Nilai NDVI diperoleh dari formula matematis yang menggunakan kanal inframerah dekat dan kanal sinar tampak merah, yaitu kanal 5 dan kanal 4 pada citra Landsat 8. Setelah didapatkan nilai NDVI, kerapatan mangrove

diklasifikasi menggunakan klasifikasi Kemenhut (2010) (Tabel 1). Algoritma NDVI dapat dilihat dibawah ini:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)}$$

Keterangan:

NIR : kanal inframerah dekat

RED : kanal sinar tampak merah

Tabel 1. Klasifikasi Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI

Klasifikasi	Nilai NDVI
Mangrove Jarang	-1 - 0.42
Mangrove Rapat	0.43 - 1.

Sumber: Peraturan Kementerian Kehutanan (2010)

Ekosistem padang lamun berlokasi di dasar perairan, sulit dilakukan pemetaan dengan penginderaan jauh karena kolom perairan menyerap dan menghamburkan energi elektromagnetik yang menyebabkan atenuasi penetrasi cahaya ke dalam perairan. Radiasi yang direkam oleh satelit dipengaruhi oleh sifat optik dan kedalaman perairan.

Untuk mereduksi pengaruh kolom perairan, perlu dilakukan koreksi kolom perairan menggunakan Depth Invariant Index (DII) (Lyzenga, 1981). Algoritma koreksi DII dapat dilihat dibawah ini:

$$X_{ij} = \ln(b_i) + \frac{k_i}{k_j} \ln(b_j)$$

Keterangan:

X_{ij} : Depth Invariant Index dari ekstraksi kanal-i dan kanal-j

b_i : nilai piksel kanal-i

b_j : nilai piksel kanal-j

k_i/k_j : koefisien atenuasi diantara kanal-i dan kanal-j, yang diperoleh dari algoritma:

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{(a^2 + 1)}$$

a : variabel variansi kovariansi diantara kanal-i dan kanal-j

Setelah dilakukan koreksi kolom perairan, klasifikasi tak terbimbing (unsupervised classification) digunakan untuk mengklasifikasi objek bawah perairan berdasarkan nilai spektralnya. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi tak terbimbing algoritma *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique* (ISODATA). Klasifikasi ISODATA mendistribusikan kelas secara sama rata dengan menghitung rata-rata kelas kemudian membagi piksel ke kelas-kelas secara iteratif menggunakan teknik jarak minimum. Seluruh piksel ditempatkan ke kelas terdekatnya kecuali standar deviasi atau ambang batas jarak yang ditentukan. Proses ini terus berlanjut sampai jumlah iterasi maksimum tercapai.

Uji akurasi confusion matrix dilakukan untuk membandingkan citra yang diklasifikasikan sebagai peta hasil untuk kelas yang sebenarnya dengan beberapa data referensi lapang (ground truth) yang diyakini secara akurat mewakili suatu tutupan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran ekosistem mangrove di Pulau Pramuka dan sekitarnya dianalisis menggunakan citra Landsat 8 dan metode NDVI (Gambar 5). Nilai NDVI yang didapat berkisar antara -0.6 sampai 0.8. Nilai NDVI dibawah 0 mengindikasikan objek tersebut berupa non-vegetasi, sedangkan nilai NDVI diatas 0 mengindikasikan objek tersebut berupa vegetasi. Nilai NDVI yang semakin mendekati 1 mengindikasikan objek tersebut memiliki kerapatan tajuk yang semakin tinggi.

Kemudian citra satelit diklasifikasikan kerapatan tajuknya berdasarkan nilai NDVI yang didapat (Tabel 1). Dalam penelitian ini, objek yang memiliki nilai NDVI dibawah 0 berupa

lautan, sehingga untuk klasifikasi Mangrove Jarang dimulai dari nilai 0 sampai 0.42. Sebaran ekosistem mangrove di Pulau Pramuka dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 6.

Ekosistem mangrove di Pulau Pramuka ditemukan di sebelah timur pulau, mangrove di Pulau Panggang ditemukan di sebelah selatan pulau, dan mangrove di Pulau Karya ditemukan di sebelah utara Pulau. Hanya mangrove di Pulau Pramuka memiliki kerapatan yang tinggi, dibandingkan dengan Pulau Panggang dan Pulau Karya. Hal ini disebabkan karena penanaman mangrove lebih difokuskan ke Pulau Pramuka dan merupakan salah satu program pemerintah kabupaten Kepulauan Seribu dalam pembuatan taman mangrove (Suparni, 2015).

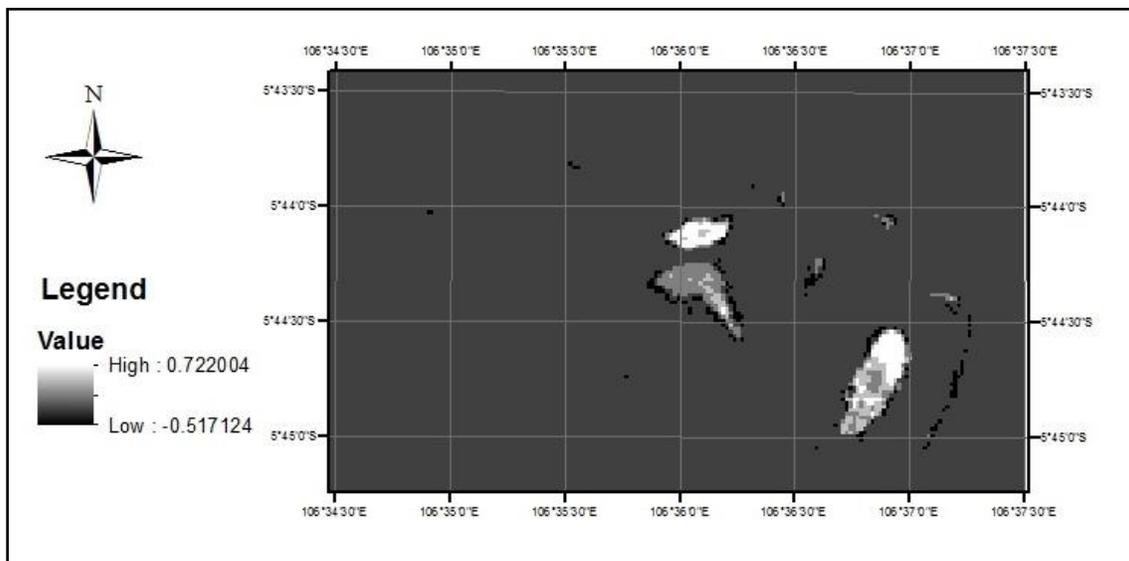
Luas ekosistem mangrove dihitung dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Perhitungan luas dilakukan dengan mengubah sistem koordinat menjadi sistem Universal Transverse Mercator (UTM). Hasil yang diperoleh menunjukkan Pulau Pramuka memiliki luas yang paling besar, yaitu sebesar 0,944

hektar dibandingkan Pulau Panggang, sebesar 0,12 hektar dan Pulau Karya, sebesar 0.09 hektar (Tabel 2).

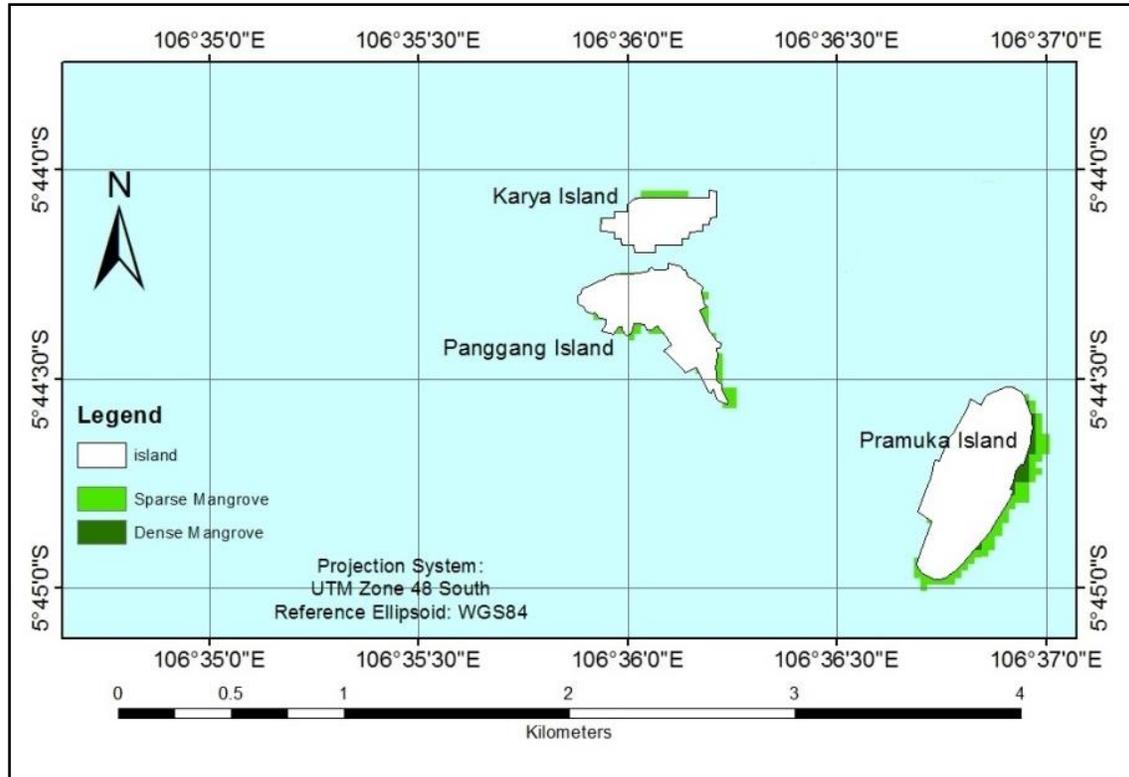
Tabel 2. Luas Ekosistem Mangrove di Pulau Pramuka dan Sekitarnya

No.	Pulau	Luas (ha)
1	Pramuka	0,944
2	Panggang	0,120
3	Karya	0,090

Sebaran ekosistem padang lamun dianalisis menggunakan citra Landsat 8 images dan metode koreksi kolom air Depth-Invariant Index untuk mereduksi noise yang ditimbulkan perairan dan diklasifikasi dengan menggunakan klasifikasi tak terbimbing (unsupervised classification) ISODATA. Dalam penelitian ini, objek bawah air dibagi menjadi 4 kelas (Tabel 3). Kemudian semua kelas selain lamun diklasifikasikan menjadi 1 kelas, (kelas non-seagrass) (Gambar 7). Berdasarkan hasil klasifikasi, luas ekosistem padang lamun dapat dihitung menggunakan perangkat lunak ArcGIS.



Gambar 5. Citra Hasil Pengolahan NDVI



Gambar 6. Sebaran Ekosistem Mangrove di Pulau Pramuka dan Sekitarnya.

Perhitungan luas dilakukan dengan mengubah sistem koordinat menjadi sistem Universal Transverse Mercator (UTM). Hasil yang diperoleh menunjukkan Pulau Panggang memiliki luas ekosistem padang lamun yang terbesar dibandingkan Pulau Pramuka dan Pulau Karya, yaitu sebesar 134,51 hektar. Kemudian Pulau Pramuka memiliki luas padang lamun sebesar 88,68 hektar dan Pulau Karya sebesar 32,80 hektar (Tabel 4).

Hasil uji akurasi metode confusion matrix dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai overall accuracy (OA) yang diperoleh adalah 72,41%. Pemetaan padang lamun menggunakan citra Landsat 8 telah banyak dilakukan. Meskipun Landsat 8 memiliki keterbatasan dalam resolusi spasial dan spektral, beberapa pemetaan padang

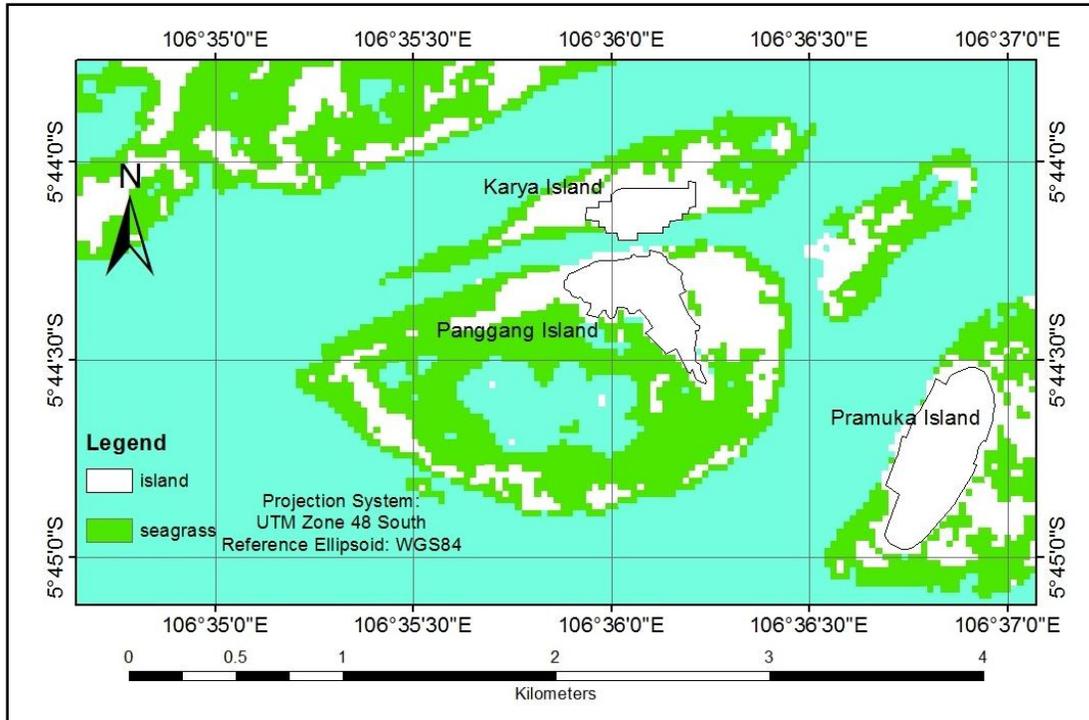
lamun menggunakan Landsat 8 telah menghasilkan resolusi yang cukup baik, seperti penelitian Bakiman, dkk. (2016) yang menghasilkan akurasi sebesar 71.05% dan penelitian Purnawan, dkk. (2016) yang menghasilkan akurasi sebesar 70%.

Tabel 3. Klasifikasi Objek Bawah Perairan

Kelas	Objek
1	Karang
2	Pasir
3	Lempung
4	Lamun

Tabel 4. Luas Ekosistem Padang Lamun di Pulau Pramuka dan Sekitarnya

No.	Pulau	Luas (ha)
1	Pramuka	88.682
2	Panggang	134.515
3	Karya	32.802



Gambar 7. Sebaran Ekosistem Padang Lamun di Pulau Pramuka dan Sekitarnya.

Tabel 5. Nilai Uji Akurasi Confusion Matrix

Citra / Lapangan	Karang	Pasir	Lempung	Lamun	Total
Karang	16	0	0	0	10
Pasir	2	1	0	0	3
Lempung	4	0	2	0	9
Lamun	2	0	0	2	7
Total	24	1	2	2	29

Overall accuracy = $(16 + 1 + 2 + 2) / 29 = 72.41\%$

SIMPULAN

Ekosistem Karbon Biru di pulau kecil, yang terdiri dari ekosistem mangrove dan padang lamun dapat dipetakan menggunakan citra Landsat 8. Total luas ekosistem mangrove di Pulau Pramuka dan sekitarnya mencapai 1,154 hektar, sedangkan total luas ekosistem padang lamun mencapai 256 hektar. Hal ini disebabkan karena ekosistem mangrove merupakan hasil penanaman mangrove yang baru dilakukan selama sekitar 12 tahun, sedangkan ekosistem

padang lamun di Pulau Pramuka dan sekitarnya merupakan lamun alami.

REKOMENDASI

Diperlukan citra satelit yang memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan Landsat 8 untuk memetakan ekosistem di pulau kecil agar didapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakiman, T., Gumusay, M. U., Turney, I. (2016). *Mapping of the Seagrass Cover Along the Mediterranean Coast Of Turkey Using Landsat 8 OLI Images*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic.
- Estradivari, Setyawan E., Yusri S., (2009). *Terumbu Karang Jakarta, Pengamatan Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003-2007)*. Jakarta: Yayasan TERANGI.
- Haryanto, A. (2013). *Efektifitas Rehabilitasi Mangrove di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu*. Master Thesis. Institut Pertanian Bogor, Sekolah Pascasarjana.
- Herr, D., Pidgeon, E., Laffoley, D. (2012). *Blue Carbon. Policy Framework: Based on the Discussion of the International Blue. Carbon Policy Working Group, IUCN and Arlington, Gland, Switzerland, USA: CI. viþ39pp. At: http://cmsdata.iucn.org/download/blue_carbon_policy_framework_2_0.pdf*
- Kementerian Kehutanan [Kemenhut] (2010). Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 35 Tahun 2010 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.32/MENHUT-II/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai, Kementerian Kehutanan.
- Kruse, F.A. (2004). *Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH Atmospheric Corrections Using Low-Altitude Aveniris Data*. Horizon Geo Imaging, U.S. Geological Survey, USA.
- Lyzenga, D.R. 1981. *Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data*. International Journal of Remote Sensing, 2: 71-82.
- NASA. 2010. *Landsat Data Continuity Mission Brochure*. <http://www.landsat.gsfc.nasa.gov>.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourquaran, J.W., Kauffman, J.B., Marbà, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D. and Balder, A. (2012). *Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems*. PLoS ONE 7(9), e43542.
- Purnawan, S., Aulia, F., Khairuman, T. (2016): *Using Landsat-8 Imagery Data on Mapping of the Seagrass Distribution in Matahari Island, Pulau Banyak District, Aceh Provice, Indonesia*. Aceh International Journal of Science and Technology., 5(2): 63-68.

<http://doi.org/10.13170/aijst.5.2.4928>.

Schägner, J. P., L. Brander, J. Maes, V. Hartje (2013), *Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects*, *Ecosystem Services*, 4, 33-46.

Suparni, (Online). *Bupati akan Fokuskan Penanaman Mangrove di Pulau Pramuka*", *Berita Jakarta*, 31 Agustus 2015, http://www.beritajakarta.com/read/14937/Bupati_akan_Fokuskan_Penanaman_Mangrove_di_Pulau_Pramuka (akses tgl. 7 Oktober 2016).

Waas, H.J.D., Nababan. B. (2005). *Pemetaan dan Analisis Index Vegetasi Mangrove di Pulau Saparua, Maluku Tengah*. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 1, Hal. 50-58, Juni 2010.

Wahidin, N., Siregar, V. P., Nababan, B., Jaya, I., Wouthuyzen, S. (2015): *Object-based Image Analysis for Coral Reef Benthic Habitat Mapping with Several Classification Algorithms*. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 222 - 227.