

Estimasi Cadangan Karbon di Atas Permukaan pada Hutan Mangrove Kuri Caddi Menggunakan Citra Sentinel-2A

Estimation of Above Ground Carbon in Kuri Caddi Mangrove using Sentinel-2A Imagery

Andi Tenri Waru¹, Nita Rukminasari^{1*}, Dwi Fajriyati Inaku¹, Dewi Yanuarita¹, Supriadi²

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

² Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin
Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

e-mail korespondensi: nita.r@unhas.ac.id

Diterima: 16 April 2021; Diterima: 10 Juni 2022; Diterbitkan: 13 Juni 2022

Abstrak

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem penting di wilayah pesisir dan perairan. Ekosistem ini memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah besar pada biomassa tegakan. Dusun Kuri Caddi merupakan wilayah di Kabupaten Maros yang ditumbuhi hutan mangrove. Keberadaan mangrove di dusun ini perlu untuk dijaga dan dipertahankan karena memiliki potensi sebagai penyimpan karbon yang baik dan bernilai ekonomis. Namun cadangan karbon yang saat ini tersimpan pada mangrove Kuri Caddi belum diketahui jumlahnya karena tidak adanya data inventarisasi mengenai hal tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi cadangan karbon di atas permukaan pada hutan mangrove di Dusun Kuri Caddi, Kabupaten Maros dengan menggunakan citra Sentinel-2A. Nilai cadangan karbon diperoleh dari persamaan regresi berdasarkan data indeks vegetasi EVI dan cadangan karbon aktual. Metode yang digunakan dalam memperoleh nilai cadangan karbon aktual yaitu persamaan alometrik (*above ground biomass*) dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis regresi polinomial dan uji akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks vegetasi EVI menunjukkan korelasi yang erat dengan cadangan karbon aktual sebesar 82,74% ($R^2 = 0,8274$). Pengestimasi cadangan karbon total menggunakan hasil persamaan regresi polinomial $y = 2563,5x^2 + 1318,1x + 514,22$ dengan akurasi 86% (SE= 6,01). Total cadangan karbon di atas permukaan pada hutan mangrove Kuri Caddi mencapai 2194,95 tonC dengan nilai rata-rata sebesar 66,65 tonC/Ha.

Kata kunci—3-5: Mangrove, Cadangan Karbon, EVI, Sentinel-2A, Kuri Caddi

Abstract

Mangrove forest is one of the important ecosystems in coastal and marine areas. This ecosystem has ability to store large amount of carbon in standing biomass. Kuri Caddi Hamlet is an area in Maros Regency that overgrown with mangrove forest. The existence of mangroves in this hamlet needs to be maintained because it has potential as good carbon storage and has economic value. However, the carbon stock stored in mangrove forest is unknown because there is no inventory data regarding this matter. This study aims to estimate the carbon stock above ground in mangrove forest of Kuri Caddi Hamlet Maros Regency by utilizing Sentinel-2A imagery. The value of carbon stock is obtained from vegetation index data and actual carbon stock. The method used in obtaining the actual carbon stock value is allometric equation (*above ground*

biomass) with the sampling technique using purposive sampling. Data analysis used polynomial regression analysis and accuracy test. The results showed that EVI vegetation index has a strong relationship with actual carbon stock which is 82.74% ($R^2 = 0.8274$). The total carbon stock are estimated using the results of polynomial regression equation $y = 2563.5x^2 + 1318.1x - 514.22$ with accuracy 86% (SE= 6.01). The total carbon stock above ground in Kuri Caddi mangrove forest reaches 2194.95 ton C with an average value is 66.65 ton C/Ha.

Keywords—3-5: Mangrove, Carbon Stock, EVI, Sentinel-2A, Kuri Caddi.

1. PENDAHULUAN

Sebagai penyerap karbon terbesar, hutan sangat berperan penting dalam siklus karbon global. Salah satu ekosistem hutan yang memiliki pengaruh pada penyerapan karbon yaitu hutan mangrove. Ekosistem ini merupakan ekosistem paling kaya karbon di daerah tropis karena memiliki potensi cadangan karbon sebesar 1.023 Mg karbon per hektar. Mangrove berperan menjadi pengikat karbon akibat dari proses fotosintetik yang berlangsung dan menyimpannya dalam biomassa tegakan pohon (Donato et al., 2011).

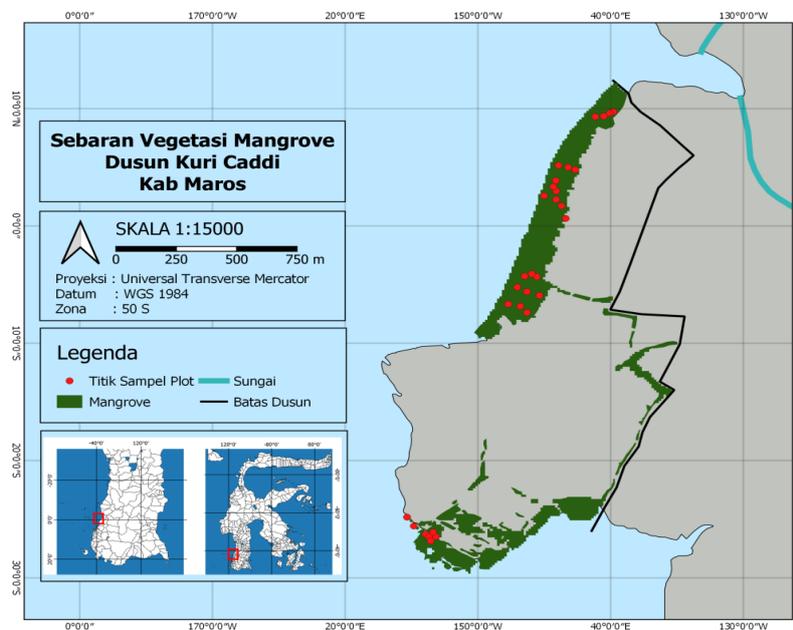
Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (2019) menyebutkan bahwa Sulawesi Selatan merupakan salah satu provinsi dengan kerusakan hutan mangrove terbesar di Indonesia dengan tingkat kerusakan sebesar 49,8%. Desa Nisombalia, Kabupaten Maros menjadi salah satu wilayah pesisir Sulawesi Selatan yang terindikasi mengalami kerusakan hutan mangrove. Pada tahun 2016, tercatat luasan vegetasi mangrove di pesisir Desa Nisombalia seluas 123,30 hektar. Namun sejak tahun 2018 kondisi vegetasi mangrove di lokasi ini mengalami degradasi dan penurunan luasan hutan mangrove menjadi 118,30 hektar (Haryanto et al., 2020). Salah satu wilayah di Desa Nisombalia yang ditumbuhi mangrove ialah Dusun Kuri Caddi. Keberadaan mangrove di dusun ini perlu untuk dijaga dan dipertahankan karena memiliki potensi sebagai penyimpan karbon yang baik dan bernilai ekonomis.

Saat ini, cadangan karbon yang tersimpan di Kuri Caddi belum diketahui jumlahnya karena tidak adanya data inventarisasi mengenai hal tersebut. Informasi besarnya cadangan karbon pada mangrove di suatu wilayah bisa didapatkan berdasarkan konversi dari nilai biomassa. Informasi ini dapat diperoleh melalui pengukuran biomassa lapangan (metode terestris) yang mampu memberikan hasil dengan akurasi tinggi, namun disisi lain membutuhkan banyak tenaga, waktu serta biaya yang tinggi untuk skala analisis yang luas. Teknologi penginderaan jauh dapat mengatasi keterbatasan tersebut, mengingat kemajuan teknologi penginderaan jauh yang berkembang pesat (Bayanuddin, 2015).

Penelitian ini menggunakan Citra Sentinel-2A yang dilengkapi dengan sensor *multispectral instrument* dengan 13 *band* sehingga dapat memberikan informasi mengenai vegetasi secara lengkap. Selain itu, penggunaan transformasi *Enhanced Vegetation Index* (EVI) pada Citra Sentinel-2A dianggap memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap biomassa. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan indeks vegetasi tersebut dalam mengestimasi cadangan karbon pada hutan magrove Kuri Caddi Kabupaten Maros. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi cadangan karbon pada lokasi penelitian sehingga dapat dilakukan pengelolaan ekosistem mangrove lebih lanjut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai Januari 2021 di Dusun Kuri Caddi, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan (Gambar 1). Alat yang digunakan terdiri dari pita ukur, patok dan tali, kamera digital dan *Global Positioning System* (GPS). Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data terdiri dari *platform Google Earth Engine Code*, Qgis 3.10 dan microsoft excel. Data citra yang digunakan adalah citra Sentinel-2A perekaman tanggal 8 Juli 2020.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.1. Pengolahan data citra

Pengolahan citra Sentinel-2A dilakukan dengan menggunakan *Google Earth Engine Code* (GEE). Data citra Sentinel-2A pada GEE merupakan citra siap pakai karena telah melalui pra-pemrosesan oleh GEE dalam bentuk koreksi geometrik dan radiometrik.

Data kemudian melalui proses klasifikasi citra dengan metode *random forest* untuk memisahkan kelas mangrove dan non-mangrove. Hasil pengelasan tersebut menjadi dasar untuk tahap *masking* citra. Selanjutnya dilakukan transformasi indeks vegetasi yaitu transformasi *Enhanced Vegetation index* (EVI). Hasil transformasi indeks vegetasi (EVI) digunakan dalam penentuan titik pengambilan data lapangan dan analisis regresi. Adapun rumus dari EVI sebagai berikut (Huete et al., 2002):

$$EVI = G * \frac{NIR-RED}{L+NIR+C_1 RED-C_2 BLUE} \quad (1)$$

Keterangan: G: *Gain factor* ($G = 2,5$); NIR: Band inframerah dekat (Near infra red)
RED: Band merah; L: Faktor kalibrasi efek kanopi ($L = 1$); C₁: Atmospheric aerosol resistance ($C_1 = 6$); C₂: Atmospheric aerosol resistance ($C_2 = 7,5$); BLUE: Band biru

2.2. Survei lapangan

2.2.1. Pengukuran Biomassa Aktual

Parameter yang diukur pada saat di lapangan meliputi pengukuran biomassa aktual yaitu pengukuran lingkaran batang pohon setinggi dada (*diameter at breast height*) dan penentuan spesies mangrove. Teknik pengambilan data biomassa aktual menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan tingkat kerapatan hasil pengolahan citra sebelumnya yaitu transformasi EVI. Plot yang digunakan merupakan plot bujur sangkar berukuran 10 m x 10 m dimana plot ini merupakan hasil modifikasi dari plot survei menurut Kauffman & Danoto (2012) agar sesuai dengan ukuran piksel citra Sentinel-2A. Jumlah plot yang digunakan untuk membangun model sebanyak 30 titik sedangkan jumlah plot yang digunakan untuk uji akurasi sebanyak 20 titik plot.

2.2.2. Pengumpulan Data Pendukung

Pengumpulan data pendukung dilakukan dengan teknik wawancara dan kuesioner kepada masyarakat Dusun Kuri Caddi tentang pemanfaatan dan pengelolaan hutan mangrove. Jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 30 orang responden dengan menggunakan teknik *sampling* secara *purposive sampling* dengan pertimbangan jarak tempat tinggal responden dari kawasan hutan mangrove.

2.3. Analisis data

Nilai cadangan karbon mangrove didapatkan dari nilai biomassa aktual mangrove. Data biomassa tersebut diperoleh berdasarkan pengukuran diameter pohon yang kemudian dimasukkan dalam suatu persamaan allometrik mangrove khusus *above ground biomass* untuk vegetasi mangrove spesifik. Data biomassa mangrove dalam

luasan tertentu kemudian dikonversi ke nilai karbon dengan mengikuti aturan potensi biomassa mangrove dimana dalam 50% biomassa vegetasi mengandung karbon (Wibowo et al., 2010). Dari nilai cadangan karbon aktual dan nilai transformasi indeks vegetasi (EVI) selanjutnya dilakukan analisis regresi polinomial untuk membangun model cadangan karbon pada area penelitian. Pada akhir analisis dilakukan uji akurasi dengan menggunakan metode *Standard Error of Estimate* (SE).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

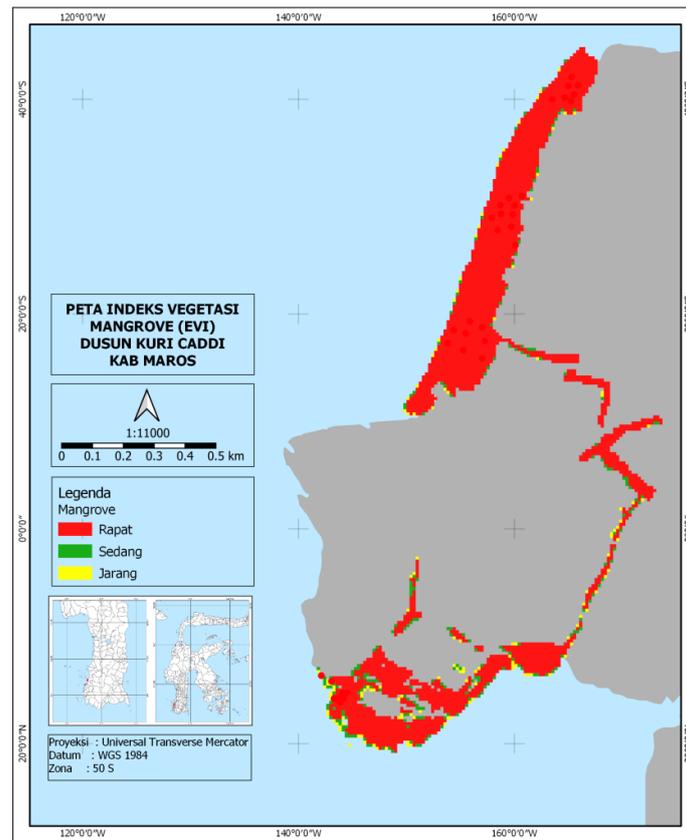
3.1. Hasil

3.1.1. Persebaran Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Transformasi Indeks Vegetasi (EVI)

Berdasarkan hasil pengolahan citra Sentinel-2A diperoleh luas keseluruhan vegetasi mangrove di Dusun Kuri Caddi sebesar 32,94 hektar. Hasil perhitungan luas disetiap tingkat kerapatan mangrove didapatkan luas kerapatan padat sebesar 29,39 hektar, untuk kerapatan sedang sebesar 2,23 hektar dan kerapatan jarang sebesar 1,32 hektar. Sedangkan nilai transformasi indeks vegetasi (EVI) yang dihasilkan dari penelitian ini berada pada rentang nilai 0,10 hingga 0,81.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa kategori kerapatan padat yang ditunjukkan oleh rona merah lebih mendominasi dibandingkan dengan kerapatan sedang dan jarang dengan persentase sebesar 89%. Berdasarkan hasil *ground truth*, kawasan mangrove pada bagian Barat didominasi oleh jenis mangrove *Avicennia alba*, sedangkan pada bagian Selatan didominasi oleh jenis mangrove *Rhizophora apiculata*.

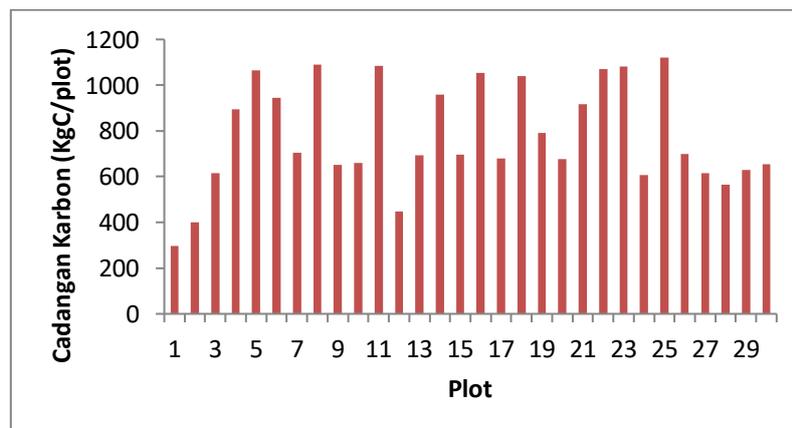
Hasil kuesioner dan wawancara kepada masyarakat Dusun Kuri Caddi menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat (83%) menganggap hutan mangrove sebagai ekosistem yang penting keberadaannya dan membutuhkan pengelolaan serta pelestarian. Masyarakat dusun ini belum memanfaatkan fungsi hutan mangrove sebagai penyimpan karbon, sebagian masyarakat hanya memanfaatkan mangrove sebagai penahan angin dan abrasi pantai. Dari segi pengelolaannya masyarakat dan pemerintah setempat sepakat untuk tidak melakukan aktivitas penebangan hutan mangrove demi menjaga kelestarian ekosistemnya.



Gambar 2. Peta persebaran tingkat kerapatan berdasarkan transformasi EVI

3.1.2. Hubungan Indeks Vegetasi dengan Cadangan Karbon

Berdasarkan hasil pengukuran cadangan karbon aktual pada 30 titik plot pengamatan ditemukan beberapa jenis mangrove diantaranya adalah *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Bruguiera cylindrica*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba* dan didominasi oleh jenis *Avicennia alba*.

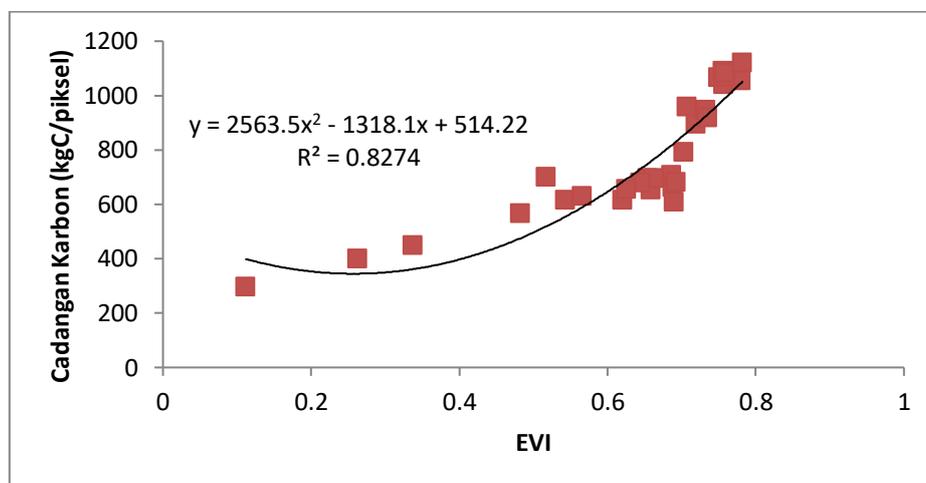


Gambar 3. Nilai cadangan karbon per plot

Nilai cadangan karbon mangrove di atas permukaan (*above ground carbon*) didapatkan dari persamaan allometrik spesifik dan menghasilkan jumlah cadangan

karbon yang beragam di tiap plot (Gambar 3). Nilai cadangan karbon mangrove aktual tertinggi terdapat pada plot 25 yaitu sebesar 1120,47 kgC/m².

Hasil analisis regresi polinomial antara nilai EVI dan cadangan karbon (Gambar 4) menghasilkan koefisien determinasi (R^2) 0,8274. Hal ini menunjukkan bahwa 82,74% nilai cadangan karbon hasil perhitungan lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel hasil transformasi indeks vegetasi (EVI). Model persamaan yang menunjukkan pengaruh antara nilai cadangan karbon dengan nilai EVI yaitu $y = 2563.5x^2 - 1318.1x + 514.22$ dimana y merupakan nilai cadangan karbon hasil perhitungan di lapangan dan x adalah nilai piksel hasil transformasi EVI.

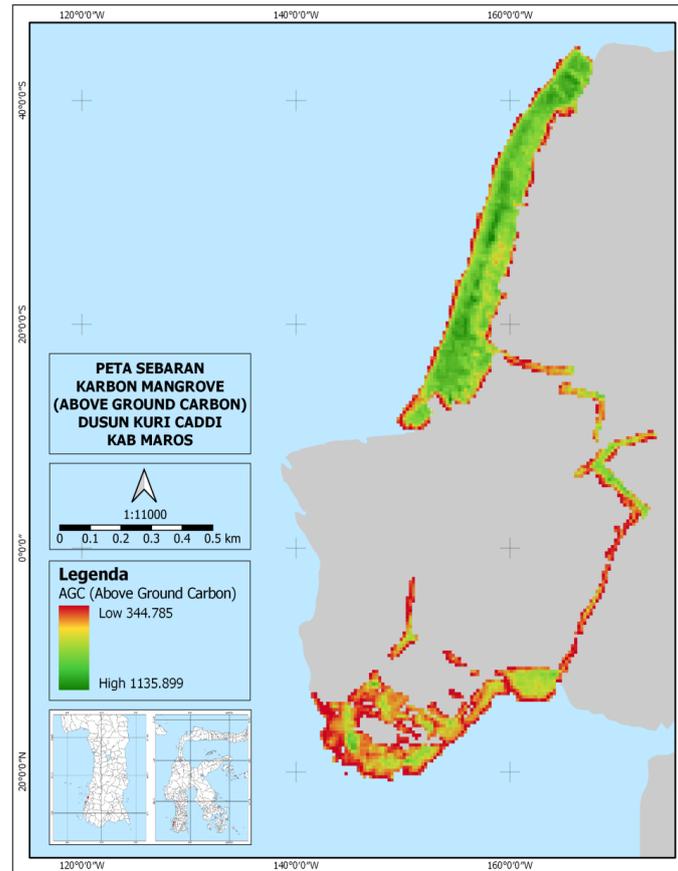


Gambar 4. Hasil analisis regresi polinomial indeks vegetasi (EVI) terhadap cadangan karbon mangrove aktual.

Hasil uji akurasi dengan menggunakan metode *Standard Error of Estimate* (SE) pada 20 titik plot *sampling* yang berbeda dari plot *sampling* dalam membangun model regresi menunjukkan tingkat akurasi sebesar 86% (SE=6,01) yang mengartikan bahwa hasil estimasi yang dilakukan tergolong akurat dengan nilai minimum akurasi oleh Anderson (1971) sebesar 85 sampai 90 persen atau lebih.

3.1.3. Estimasi Total Cadangan Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi polinomial, maka dilakukan perhitungan cadangan karbon mangrove pada keseluruhan area penelitian dengan luas total area sebesar 32,94 Ha. Hasil perhitungan menunjukkan cadangan karbon di atas permukaan (*above ground carbon*) di lokasi penelitian berada pada rentang nilai 344,8 kgC/piksel hingga 1135,9 kgC/piksel dengan total cadangan karbon keseluruhan sebesar 2194,95 tonC dan rata-rata karbon sebesar 66,65 tonC/Ha.



Gambar 5. Peta sebaran cadangan karbon vegetasi mangrove di Dusun Kuri Caddi.

Perbedaan warna pada Gambar 5 menunjukkan variasi cadangan karbon di tiap pikselnya, dimana rona hijau gelap menunjukkan nilai cadangan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan rona merah.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Persebaran Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Transformasi Indeks Vegetasi (EVI)

Berdasarkan hasil pengolahan citra Sentinel-2A, nilai indeks vegetasi (EVI) mangrove di Dusun Kuri Caddi berkisar antara 0,10 hingga 0,81 dengan tingkat kerapatan didominasi oleh kerapatan padat seluas 29,39 Ha (89%) dari luas keseluruhan vegetasi mangrove sebesar 32,94 Ha. Nilai EVI pada penelitian ini berbeda jika dibandingkan dengan penelitian Pratama et al. (2019) yang menggunakan EVI untuk mengestimasi kerapatan tajuk mangrove pada hutan mangrove Tahura menghasilkan nilai kerapatan dalam rentang 0,25 hingga 0,63. Menurut Jensen (2015) perbedaan nilai EVI tersebut disebabkan karena beberapa faktor yang mempengaruhi indeks vegetasi seperti efek topografi, jenis tanah atau substrat, komponen kanopi fotosintetik dan non-fotosintetik, tingkat kerapatan dan faktor lainnya.

Tingkat kerapatan mangrove di Dusun Kuri Caddi tergolong masih bagus (kerapatan padat di atas 85% dikarenakan masyarakat di dusun ini menganggap ekosistem mangrove sebagai salah satu ekosistem yang sangat penting keberadaannya dan membutuhkan pengelolaan serta pelestarian demi mempertahankan keberadaan mangrove.

Salah satu upaya masyarakat dalam pengelolaan dan pelestarian hutan mangrove yaitu kegiatan rehabilitasi serta tidak melakukan aktivitas yang dapat merusak mangrove, salah satunya adalah penebangan pohon. Kegiatan pengelolaan dan pelestarian ini didukung oleh PERDA Kabupaten Maros No 3 Tahun 2015 pelestarian, pengelolaan dan pemanfaatan hutan mangrove. Bentuk pengelolaan hutan mangrove lainnya yang dilakukan oleh masyarakat Dusun Kuri Caddi yaitu penanaman dan rehabilitasi hutan mangrove. Hal ini sesuai dengan penelitian Haryanto et al. (2020) yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan luasan hutan mangrove di Desa Nisombalia terutama pada Dusun Kuri Caddi, disebabkan karena adanya kegiatan penanaman pohon mangrove yang dilakukan oleh komunitas masyarakat maupun dari instansi pemerintah.

3.2.2. Hubungan Indeks Vegetasi dan Cadangan Karbon Mangrove

Nilai cadangan karbon mangrove aktual tertinggi terdapat pada plot 25 dengan nilai cadangan karbon sebesar 1120,47 kgC/m² dan nilai cadangan karbon mangrove aktual terendah terdapat pada plot 1 yaitu sebesar 296,32 kgC/m². Perbedaan nilai cadangan karbon pada setiap plot dikarenakan adanya perbedaan ukuran diameter batang pohon, kepadatan dan tutupan kanopi mangrove yang beragam di tiap plotnya. Hal ini senada dengan penelitian Lestariningsih et al. (2018) yang menyatakan bahwa cadangan karbon mangrove dipengaruhi oleh diameter batang pohon, biomassa, kerapatan dan juga tutupan kanopi pohon. Keterkaitan nilai cadangan karbon dengan biomassa dan kerapatan diduga dipengaruhi oleh nilai DBH dan jumlah dari individu pohon.

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara indeks vegetasi (EVI) dengan cadangan karbon mangrove. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) hasil uji regresi sebesar 0,8274 yang menandakan bahwa sebesar 82% nilai cadangan karbon mangrove di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel hasil transformasi indeks vegetasi (EVI). Hasil ini tidak berbeda jauh dengan penelitian Situmorang et al. (2016) yang menggunakan Landsat 8 OLI yang

menunjukkan bahwa sebesar 83% ($R^2 = 0,83$) cadangan karbon mangrove dapat direpresentasikan oleh nilai piksel dari transformasi EVI. Menurut Huete et al. (2002) EVI merupakan indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengoptimalkan sensitivitas sinyal vegetasi pada wilayah yang memiliki biomassa tinggi. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Frananda et al. (2015) yang menyatakan bahwa indeks vegetasi EVI merupakan indeks yang memiliki hubungan yang saling mempengaruhi dan tingkat akurasi yang tinggi bila dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya dalam hal estimasi cadangan karbon hutan mangrove.

3.2.3. Estimasi Total Cadangan Karbon

Berdasarkan analisis regresi menunjukkan total cadangan karbon di Dusun Kuri Caddi yaitu sebesar 2194,95 tonC pada luas area 32,94 Ha dengan rata-rata cadangan karbon 6,65 tonC/Ha. Nilai cadangan karbon ini masih berada di atas nilai minimal cadangan karbon tingkat nasional pada tipe hutan mangrove sekunder, berdasarkan penelitian Rochmayanto et al. (2013) nilai minimal cadangan karbon hutan mangrove sekunder tingkat nasional di atas permukaan tanah sebesar 37,03 tonC/Ha dan nilai maksimal sebesar 142,9 tonC/ha.

Nilai cadangan karbon di Dusun Kuri Caddi ini tergolong lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian Husna (2018) di Kawasan Hutan Mangrove Tongke-Tongke, Kabupaten Sinjai yang menghasilkan rata-rata karbon sebesar 63,96 tonC/Ha. Perbedaan nilai cadangan karbon ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah perbedaan jenis mangrove yang mendominasi pada kedua lokasi sehingga mempengaruhi tingkat penyimpanan karbonnya. Pada Kawasan Hutan Mangrove Tongke-Tongke jenis mangrove yang mendominasi adalah *Rhizophora sp.* sedangkan di Hutan Mangrove Kuri Caddi jenis mangrove yang mendominasi adalah *Avicennia alba*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Komiyama et al. (2008) yang menyatakan bahwa tiap spesies mangrove memiliki kemampuan penyimpanan yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan sifat alometri pada tiap spesies mangrove berbeda secara signifikan sehingga persamaan alometrik tiap spesies juga berbeda.

Sebaran cadangan karbon mangrove di lokasi penelitian (Gambar 5) cukup bervariasi terutama pada bagian Selatan dan Barat area penelitian. Perbedaan sebaran cadangan karbon ini disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu perbedaan pada tingkat kerapatan. Bagian Selatan memiliki cadangan karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan bagian Barat dikarenakan tingkat kerapatan pada bagian Selatan

lebih rendah daripada bagian Barat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Oktaviona et al. (2017) yang menyatakan bahwa kerapatan mangrove merupakan salah satu indikator dalam menilai besar kecilnya biomassa. Dengan demikian kerapatan juga akan mempengaruhi cadangan karbon pada mangrove.

Potensi penyimpanan cadangan karbon pada hutan mangrove di Dusun Kuri Caddi tergolong masih di atas nilai rata-rata kisaran minimal cadangan karbon hutan mangrove nasional yaitu 37,03 tonC/Ha. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan yang baik untuk mempertahankan peran dan fungsi ekosistem mangrove sebagai penyimpan karbon. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dinilhuda et al. (2018) yang menyatakan bahwa fungsi hutan mangrove sebagai penyimpan karbon perlu dilestarikan dan dipertahankan karena memiliki peran penting dalam upaya mitigasi pemanasan global.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa cadangan karbon mangrove di atas permukaan (*above ground carbon*) pada hutan mangrove Kuri Caddi dengan menggunakan citra Sentinel-2A menunjukkan total cadangan karbon sebesar $\pm 2194,95$ ton C dengan rata-rata mencapai 66,65 tonC/Ha. Nilai cadangan karbon ini masih berada di atas nilai minimal cadangan karbon mangrove nasional yaitu sebesar 37,03 tonC/Ha.

5. SARAN

Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan tentang estimasi cadangan karbon mangrove dengan menggunakan citra resolusi tinggi sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih akurat.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.R. 1971. Land-Use Classification Schemes. Photogrammetric Engineering. 37(4):379–387.
- Badan Pusat Statistik, 2019. Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir. cod. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

- Bayanuddin, A.A. 2015. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan pada Hutan Rakyat dengan Data Synthetic Aperture Radar Sentinel-1. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 1–43 p.
- Dinilhuda, A. , Akbar, A.A. & Jumiati, J. 2018. Peran Ekosistem Mangrove Bagi Mitigasi Pemanasan Global. *Jurnal Teknik Sipil*. 18(2).
- Donato, D.C. , Kauffman, J.B. , Murdiyarso, D. , Kurnianto, S. , Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. Mangroves among The Most Carbon-Rich Forests in The Tropics. *Nature Geoscience*. 4(5):293–297.
- Frananda, H. , Hartono, & Jatmiko, R.H. 2015. Komparasi Indeks Vegetasi untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Kawasan Segoro Anak Pada Kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi , Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Globe*. 17(2):113–123.
- Haryanto, , Asbar, & Hamsiah, 2020. Analisis Tingkat Kerusakan dan Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove di Perairan Pantai Desa Nisombalia Kecamatan Marusu Kabupaten Maros. *Indonesian Tropical Fisheries*. 3(1):40–53.
- Huete, A. , Didan, K. , Miura, T. , Rodriguez, E. , Gao, X. & Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environ.* :195–213.
- Husna, V.N. 2018. Estimasi Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah pada Mangrove Menggunakan Penginderaan Jauh di Tongke-Tongke, Sulawesi Selatan. Institut Pertanian Bogor.
- Jensen, J.R. 2015. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Fourth Edi ed. Pearson Education., Glenview.
- Kauffman, J.B. & Danoto, D.C. 2012. *Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Bogor.
- Komiyama, A. , Ong, J.E. & Pongpan, S. 2008. Allometry, Biomass and Productivity of Mangrove Forests: A Review. *Aquatic Botany*. 89(2):128–137.
- Lestariningsih, W.A. , Soenardjo, N. & Pribadi, R. 2018. Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 7(2):121–130.
- Oktaviona, S. , Amin, B. & Ghalib, M. 2017. Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Jorong Ujuang Labuang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. *Media Neliti*.
- PERDA Maros, 2015. Peraturan Daerah tentang Pelestarian Pengelolaan dan Pemanfaatan Hutan Mangrove. cod. Nomor 3.
- Pratama, I.G.M.Y. , Karang, I.W.G.A. & Suteja, Y. 2019. Distribusi Spasial Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Di TAHURA Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(2):192.
- Rochmayanto, Y. , Wibowo, A. , Lugina, M. , Butarbutar, T. , Mulyadin, R. & Wicaksono, D. 2013. Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Hutan Dan Jenis Tanaman Di Indonesia. vol. 53. cod. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 1689–1699 p.
- Situmorang, J.P. , Sugianto, S. & Darusman, 2016. Estimation of Carbon Stock Stands using EVI and NDVI Vegetation Index in Production Forest of Lembah Seulawah Sub-District, Aceh Indonesia. *Aceh International Journal of Science and Technology*. 5(3):126–139.
- Wibowo, A. , Ginoga, K. , Nurfatriani, F. , Dwiprabowo, H. , Ekawati, S. , Krisnawati, H. & Siregar, C.A. 2010. *REDD+ & Forest Governance*. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan., Jakarta.