

KAJIAN CITRA SATELIT SPOT-7 UNTUK ESTIMASI *STANDING CARBON STOCK* HUTAN MANGROVE DALAM UPAYA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM (*CLIMATE CHANGES*) DI LAMPUNG SELATAN

(THE STUDY OF SPOT-7 SATELLITE FOR STANDING CARBON STOCK ESTIMATION OF MANGROVE FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION IN SOUTH LAMPUNG)

Nirmawana Simarmata¹, Fitralla Elyza², Rezallian Vatiady¹

¹Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

²Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

e-mail: nirmawana.simarmata@gt.itera.ac.id

Diterima 15 November 2018; Direvisi 6 Januari 2019; Disetujui 6 Januari 2019

ABSTRACT

This paper describes on the use of high-resolution remote sensing data for estimating carbon stock of mangrove forest. The mangrove forest ecosystem has a characteristic that can sequester carbon much higher than dryland. The mangrove ecosystem can absorb carbon in the atmosphere as much as 67.7 MtCO₂ per year. The results of the calculation and mapping of carbon stocks can be used as a reference in the management of mangrove forest areas in the future. The main objective of this study is to estimate, identify and map the carbon stock. Additionally, an analysis and assesment of natural ecosystem services are done to predict the status of carbon stocks. In this study, SPOT 7 images are used as the primary source of data. The biomass value is obtained from the NDVI transformation where the index value will be classified based on the object which includes the field object, mangrove area, sea and so on. The results of the study obtained low density class has a carbon value between 71.64 - 91.48 tons/ha, medium density class has a carbon value between 91.48 - 111.31 tons/ha and high density class has a carbon value between 111.31 - 131.15 tons/ha. Based on the results of the RMSE test, the RMSE value ranges from 11.61 to 13.07.

Keywords: *mangrove, SPOT 7, NDVI, biomassa, karbon*

ABSTRAK

Penelitian ini menjelaskan tentang pemanfaatan citra resolusi tinggi untuk estimasi cadangan karbon hutan mangrove. Ekosistem hutan mangrove memiliki keistimewaan yaitu dapat mengikat karbon jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hutan lahan kering. Ekosistem mangrove mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67.7 MtCO₂ per tahun. Hasil perhitungan dan pemetaan cadangan karbon dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan kawasan hutan mangrove di masa yang akan datang. Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi, mengidentifikasi dan memetakan cadangan karbon hutan mangrove serta menganalisis dan mengkaji penilaian jasa pelayanan ekosistem (*ecosystem service*) alam untuk memprediksi status stok karbon berdasarkan kondisi penggunaan lahan/tutupan lahan saat ini atau yang akan datang. Jenis data yang digunakan adalah citra SPOT 7 yang mempunyai resolusi 6 meter. Nilai biomassa diperoleh dari hasil transformasi NDVI dimana nilai indeks akan dikelaskan berdasarkan objeknya yang meliputi objek ladang, kawasan mangrove, laut dan sebagainya. Hasil penelitian diperoleh kelas kepadatan rendah mempunyai nilai karbon antara 71.64 – 91.48 ton/ha, kelas kepadatan sedang mempunyai nilai karbon antara 91.48 – 111.31 ton/ha serta kelas kepadatan tinggi mempunyai nilai karbon antara 111.31 – 131.15 ton/ha. Berdasarkan hasil uji RMSE menunjukkan bahwa nilai RMSE berkisar antara 11.61 sampai 13.07.

Kata kunci: *mangrove, SPOT 7, NDVI, biomassa, karbon*

1 PENDAHULUAN

Potensi hutan mangrove Indonesia cukup besar dimana Indonesia memiliki luas hutan mangrove terbesar di dunia. Ekosistem mangrove Indonesia mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67.7 MtCO₂ per tahun (Sadelie *et al.*, 2012). Hutan mangrove per hektar dapat menyimpan sampai empat kali lebih banyak karbon dibandingkan hutan tropis lainnya di seluruh dunia. Salah satu kawasan mangrove di Provinsi Lampung adalah kawasan pantai timur Lampung Selatan dengan tutupan mangrove yang relatif luas. Akan tetapi kondisi hutan mangrove di Lampung Selatan telah banyak mengalami kerusakan. Menurut WALHI (2010), menjelaskan bahwa telah terjadi penurunan luas hutan mangrove. Luasan hutan mangrove Indonesia menurun dari luas awal sekitar 4.5 juta ha menjadi 1.9 juta ha. Penurunan luas hutan mangrove terjadi karena kerusakan yang disebabkan oleh faktor manusia, seperti alih tata guna lahan mangrove menjadi lahan tambak dan eksploitasi kayu mangrove untuk kayu bakar dan arang.

Tingkat kerusakan dan peran hutan mangrove dalam perubahan iklim dapat diketahui dari besar cadangan karbon tersimpan. Estimasi kandungan biomassa dan karbon dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh melalui analisis regresi yang

dikorelasikan dengan biomassa hutan aktual. Perkembangan teknologi penginderaan jauh telah menunjukkan bahwa pengurangan deforestasi dapat digambarkan dengan nyata, permanen dan penurunan emisi dapat diverifikasi dengan pengukuran yang dapat dipercaya. Penginderaan jauh merupakan salah satu pendekatan terbaik untuk estimasi biomassa di tingkat regional ketika data tegakan hutan di lapangan sulit diperoleh.

Perhitungan biomassa untuk menginventarisasi, memantau dan mengelola hutan dapat dilakukan dengan pengukuran lapangan menggunakan plot sampel yaitu diameter pohon setinggi dada (DBH). Pengukuran secara terestris dianggap kurang efektif karena memerlukan waktu dan biaya relatif besar sehingga perkembangan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh semakin berkembang (Fatoyinbo, 2012). Salah satu citra satelit yang digunakan untuk estimasi biomassa dan karbon hutan yaitu citra SPOT-7 dengan resolusi 6 meter. Sensornya dilengkapi dengan panjang gelombang 0.6 – 0.7 μm (*band* merah) dan 0.7 – 1.0 μm (*band* infra merah) yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap obyek vegetasi.

Hasil perhitungan pada citra rasio, pada citra normalisasi juga menggunakan data *band* merah dan *band* inframerah. *Band* merah mempunyai tingkat kepekaan terhadap vegetasi yang menyebabkan adanya

penyerapan terhadap radiasi cahaya yang datang yang dilakukan saat fotosintesis, sedangkan *band* inframerah terdapat dalam daerah spektral dimana struktur daun *sponge mesophyll* menyebabkan adanya pantulan terhadap radiasi cahaya. Hal ini menyebabkan pemanfaatan citra SPOT-7 cukup baik digunakan untuk pendugaan biomassa di atas permukaan pada hutan mangrove di Lampung Selatan Provinsi Lampung.

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa hutan mangrove disebut juga sebagai hutan bakau atau hutan payau karena habitat hidupnya yang berada di air payau. Mangrove berdasarkan tempat tumbuhnya berada disepanjang sungai berair payau hingga hampir air tawar (Noor *et al.*, 2006). Hutan mangrove di Indonesia menyimpan lima kali karbon lebih banyak per hektar dibandingkan dengan hutan tropis dataran tinggi (Murdiyarto *et al.*, 2015). Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari pengukuran diameter, tinggi dan *wood density* dari setiap jenis mangrove (Rachmawati *et al.*, 2014). Menurut Kauffman *et al.*, (2012) simpanan karbon di hutan mangrove lebih tinggi dibandingkan simpanan karbon pada tipe hutan lainnya, dimana simpanan karbon terbesar terdapat pada sedimen mangrove. Daun dan ranting pohon mangrove yang gugur didekomposisi oleh mikroorganisme, dan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen mangrove.

2 METODOLOGI

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan untuk perhitungan kandungan biomassa di atas permukaan tanah dan karbon terdiri: koreksi geometrik, koreksi radiometrik, klasifikasi citra dan ekstraksi nilai indeks vegetasi menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

2.1 Lokasi dan Data

Lokasi kegiatan penelitian dilakukan di kawasan hutan mangrove Kabupaten Lampung Selatan yang

terletak di wilayah pesisir bagian selatan. Secara geografis kawasan hutan mangrove berada pada posisi antara 05°48'48"LS sampai 06°02'20"BT dan 105°45'06"BT sampai 105°47'0"BT. Penelitian ini menggunakan data Citra SPOT-7 Tahun 2016 Provinsi Lampung yang bersumber dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Peta Rupa Bumi Indonesia dan hasil survei.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan meliputi koreksi geometrik, koreksi radiometrik, klasifikasi citra dan ekstraksi nilai NDVI. Penentuan sampel plot di lapangan berupa bentuk, ukuran dan jumlah plot yang akan digunakan untuk pengumpulan data fisionomi hutan di lapangan. Pengumpulan data lapangan berupa pengukuran diameter pohon setinggi dada dan tinggi tegakan.

Pendugaan kandungan biomassa aktual di lapangan ditentukan berdasarkan persamaan alometrik yang dipilih sesuai dengan karakteristik hutan sedangkan simpanan biomassa dari citra dianalisis menggunakan nilai NDVI. Perhitungan biomassa di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik berdasarkan hasil pengukuran di lapangan. Penggunaan rumus perhitungan biomassa pada jenis mangrove spesies *Avicennia marina* yang digunakan adalah sebagai berikut:

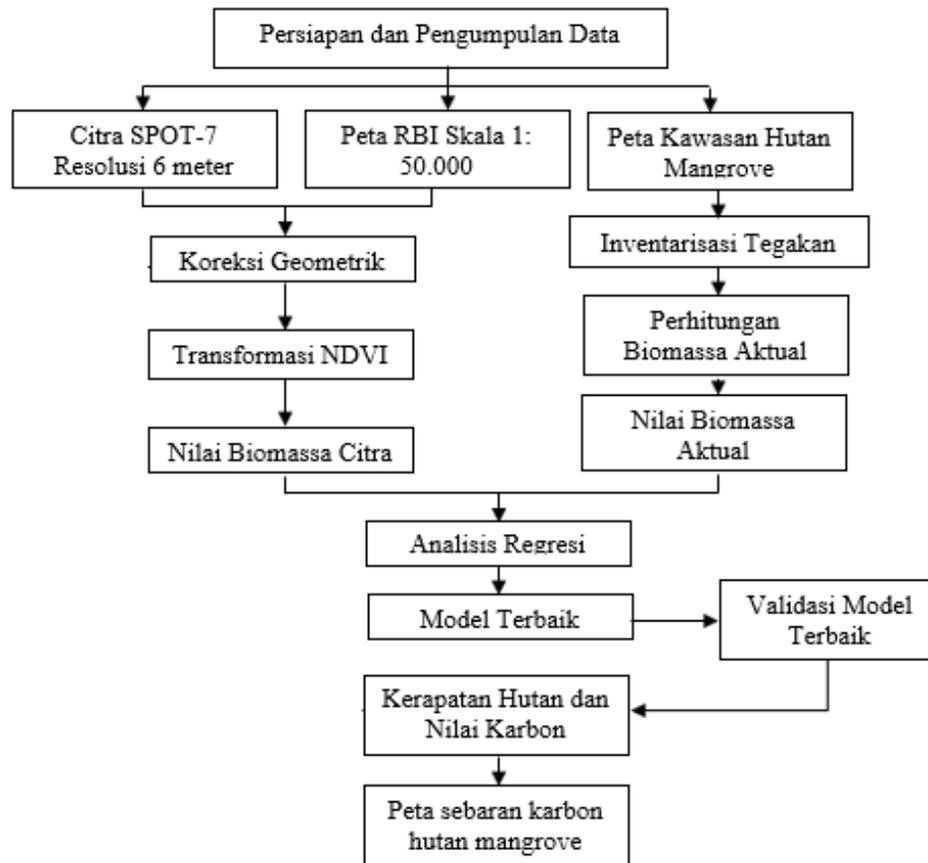
$$BBA = 0,1848 * D^{2,3624} \quad (2-1)$$

Keterangan:

BBA = Biomassa Bagian Atas (kg)
D = Diameter Setinggi Dada (cm)
(Kementerian Kehutanan, 2013)

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui survei pengukuran tegakan hutan. Beberapa variabel tegakan yang harus diukur di lapangan yaitu tumbuhan berkayu meliputi diameter pohon setinggi dada (DBH), jenis pohon dan tinggi pohon, tumbuhan mati, tumbuhan bawah dan seresah serta lapisan organik tanah. Diagram alir penelitian disajikan secara visual seperti Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Diagram Alir Penelitian

Pengukuran Diameter Tegakan

Diameter tegakan mangrove yang diukur antara 1,1-67,1 cm. Rata-rata diameter tegakan hasil survei mayoritas berukuran 10 cm. Hasil pengukuran diameter tegakan akan digunakan untuk menghitung biomassa aktual menggunakan persamaan alometrik.

Pengukuran Tinggi Tegakan

Tinggi tegakan yang diukur yaitu tinggi tegakan total yang merupakan jarak terpendek dari titik puncak pohon dengan titik proyeksinya pada bidang datar dan tinggi pohon bebas cabang. Jarak horizontal antara pengukur dengan pohon harus diukur dengan cermat dan teliti.

Transformasi Indeks Vegetasi

Estimasi biomassa di atas permukaan menggunakan citra SPOT-7 didasarkan atas dua parameter penduga yaitu nilai indeks NDVI dan diameter tegakan. Nilai NDVI diperoleh menggunakan transformasi indeks

vegetasi yang diregresikan dengan nilai biomassa aktual lapangan.

Perhitungan indeks vegetasi tutupan lahan dengan menggunakan NDVI merupakan perhitungan dari *band* merah dan *band* infra merah dekat yang direfleksikan oleh vegetasi. Berdasarkan nilai korelasi dan grafik hubungan antara nilai NDVI dan biomassa diketahui bahwa korelasi tersebut mempunyai hubungan yang positif, artinya apabila terjadi peningkatan pada nilai NDVI di citra, maka akan terjadi peningkatan pula pada potensi biomassa yang dihasilkan, dan begitupun sebaliknya. (Yusandi *et al.*, 2015).

Uji Korelasi

Hubungan antara kandungan biomassa di atas permukaan dengan nilai NDVI Citra SPOT-7 dapat dianalisis menggunakan persamaan matematik dengan model linier, model polynomial dan model eksponensial. Koefisien korelasi (r) merupakan variabel yang

dapat menunjukkan keeratan hubungan antara dua peubah atau lebih terhadap peubah tak bebas.

Analisis Regresi

Analisis statistik dilakukan untuk penentuan model terbaik yang akan digunakan berdasarkan nilai koefisien determinan (R^2) dengan selang nilai 0–100% dan *Root Mean Square Error* (RMSE) paling rendah. Untuk mengetahui pengaruh signifikansi koefisien regresi yang dihasilkan dalam pembuatan model terhadap potensi biomassa, maka perlu dilakukan pengujian menurut kaidah statistik. RMSE digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan yang terjadi pada hasil perhitungan model jika dibandingkan dengan nilai aktual. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin kecil pula kesalahan yang terjadi pada penggunaan model (Yusandi et al., 2015). Apabila nilai RMSE semakin rendah maka nilai hasil pendugaan semakin akurat

3 HASIL PEMBAHASAN

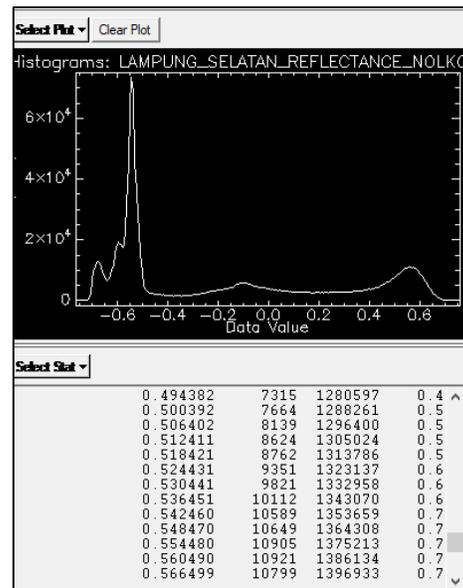
Pengolahan citra dilakukan untuk mengetahui tingkat kehijauan yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara lain, biomass dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. Berdasarkan hasil transformasi indeks vegetasi NDVI diperoleh nilai indeks untuk objek vegetasi memiliki rentang nilai 0.2 – 0.8. Lebih jelasnya hasil NDVI disajikan dalam Gambar 3-1. Gambar 3-2 merupakan histogram hasil transformasi NDVI.

Rentang nilai NDVI adalah antara -1.0 hingga +1.0. Nilai yang lebih besar dari 0.1 biasanya menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi. Nilai diantara 0 dan 0.1 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong, dan nilai yang kurang dari 0 kemungkinan mengindikasikan awan, uap, dan air. Permukaan vegetasi memiliki rentang nilai NDVI 0.1 untuk

lahan *savanna* (padang rumput) hingga 0.8 untuk daerah hutan hujan tropis.



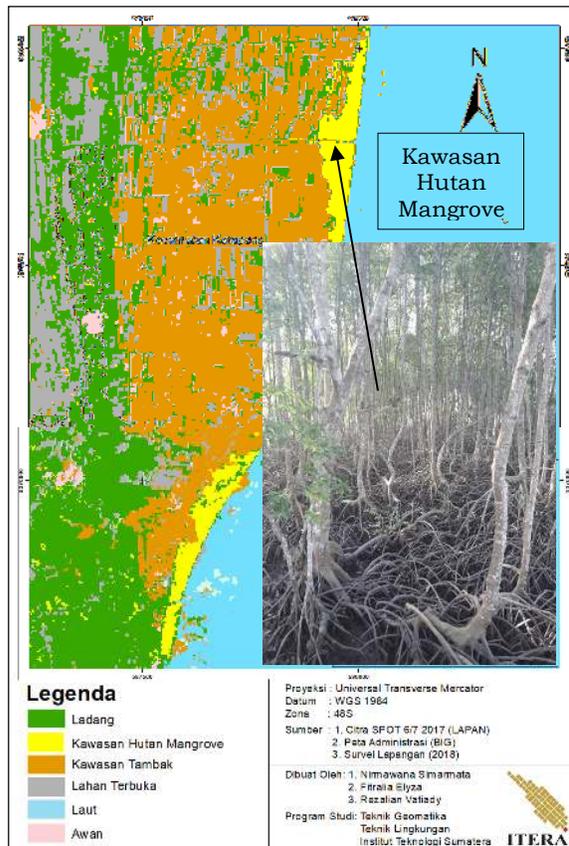
Gambar 3-1: Kawasan Hutan Mangrove berdasarkan hasil pengolahan NDVI



Gambar 3-2: Histogram Hasil NDVI

Nilai indeks vegetasi digunakan sebagai acuan dalam pengambilan sampel untuk pengukuran parameter di lapangan. Pengambilan jumlah dan lokasi sampel berdasarkan pada nilai indeks vegetasi yang memiliki rentang antara 0.47 – 0.59. Nilai indeks hutan mangrove relatif lebih tinggi daripada nilai indeks objek disekitarnya. Hasil

observasi lapangan berdasarkan nilai NDVI disajikan pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3: Hasil Observasi di Lapangan Berdasarkan Nilai NDVI

Pembagian objek penutup lahan berdasarkan nilai objek dijelaskan pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1: PEMBAGIAN OBJEK BERDASARKAN NILAI INDEKS

No	Objek	Nilai Indeks
1	Sungai, Laut, Awan, Bayangan Awan	< 0
2	Lahan Kosong dan Batuan	0 – 0.1
3	Semak belukar dan padang rumput	0.2 – 0.3
4	Hutan mangrove	0.4 – 0.8

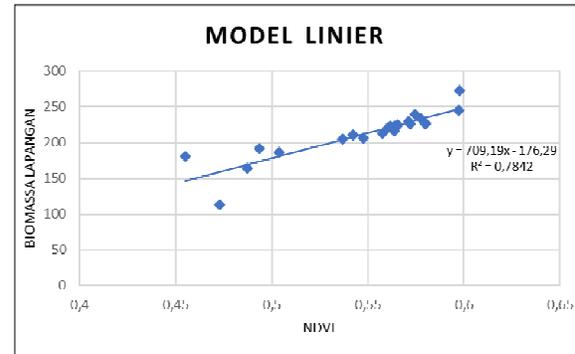
Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan (2018)

Model Penduga Potensi Biomassa

Sampel yang digunakan untuk membuat model penduga adalah 24 dari 30 sampel yang diukur di lapangan. Pengurangan sampel terjadi akibat

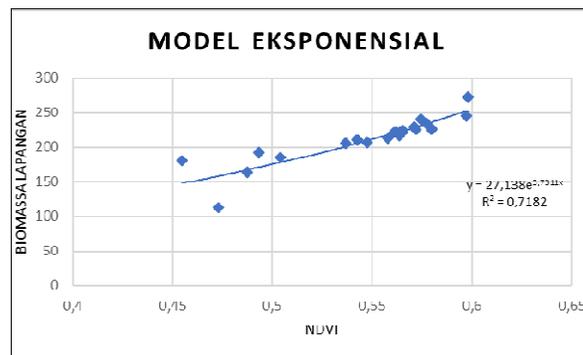
adanya beberapa data yang tidak terdistribusi secara normal.

Hasil perhitungan nilai biomassa aktual dari persamaan alometrik akan dianalisis menggunakan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara nilai NDVI dengan biomassa aktual. Berikut hasil analisis korelasi antara biomassa aktual dengan nilai NDVI menggunakan model linier yang mempunyai nilai $R^2 = 0,7842$ disajikan pada Gambar 3-4.



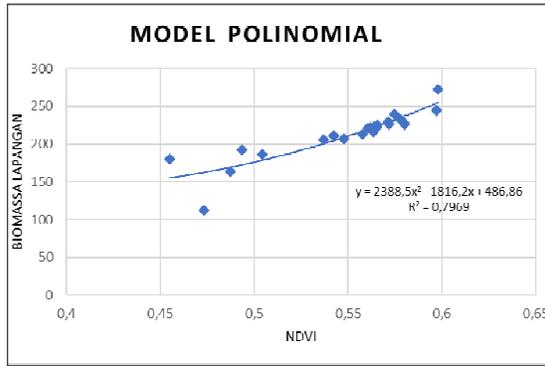
Gambar 3-4: Korelasi antara Biomassa Aktual dengan Nilai NDVI Model Linier

Hasil analisis korelasi antara biomassa aktual dengan nilai NDVI menggunakan model eksponensial yang mempunyai nilai $R^2 = 0,7182$ disajikan pada Gambar 3-5.



Gambar 3-5: Korelasi antara Biomassa Aktual dengan Nilai NDVI Model Eksponensial

Hasil analisis korelasi antara biomassa aktual dengan nilai NDVI menggunakan model polinomial yang mempunyai nilai $R^2 = 0,7969$ disajikan pada Gambar 3-6.



Gambar 3-6: Korelasi antara Biomassa Aktual dengan Nilai NDVI Model Polinomial

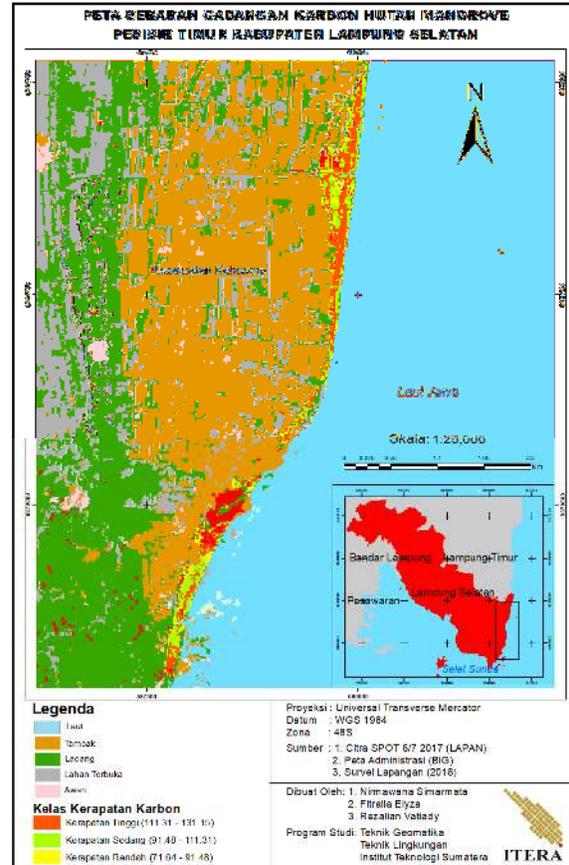
Gambar 3-6 menunjukkan bahwa model persamaan yang dihasilkan memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) paling tinggi sehingga model polinomial dipilih sebagai model penduga terbaik untuk perhitungan biomassa. Nilai R^2 yaitu 0.7969. Hal ini menjelaskan bahwa hubungan antara nilai biomassa aktual dan nilai NDVI kuat. Hasil output terlihat bahwa nilai koefisien determinansi sebesar 0.7969 yang berarti sebesar 79.69% perubahan atau variasi nilai biomassa dapat dijelaskan oleh nilai indeks sedangkan 20,31% oleh variabel lainnya. Nilai RMSE pada penelitian ini berkisar antara 11.61 sampai 13.07.

Peta Sebaran Cadangan Karbon

Cadangan karbon diperoleh dari hasil perhitungan nilai biomassa aktual dan nilai indeks vegetasi. Perhitungan karbon menggunakan model polinomial karena nilai koefisien determinansinya tertinggi yaitu 0.7969.

Hasil pendugaan biomassa dikonversi menjadi nilai karbon menggunakan asumsi 50% faktor konversi karbon. Kandungan karbon dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas kepadatan rendah, sedang dan tinggi. Sebaran nilai cadangan karbon ini telah dibagi ke dalam tiga kelas menggunakan metode *natural breaks*. Klasifikasi data yang bertujuan untuk membagi data menjadi kelas-kelas berdasarkan pengelompokan alami dalam distribusi data (Jenks 1997 dalam Yusendi *et al.*, 2015). Kelas kepadatan rendah mempunyai nilai karbon antara 71.64 – 91.48 ton/ha, kelas kepadatan sedang mempunyai nilai karbon antara 91.48 –

111,31 ton/ha serta kelas kepadatan tinggi mempunyai nilai karbon antara 111,31 – 131,15 ton/ha. Lebih jelasnya sebaran karbon di kawasan hutan mangrove pantai Timur Kabupaten Lampung Selatan disajikan pada Gambar 3-7



Gambar 3-7: Sebaran Karbon Hutan Mangrove Pantai Timur Lampung Selatan

4 KESIMPULAN

Pengukuran biomassa dan karbon memiliki korelasi yang cukup tinggi antara biomassa di citra dengan biomassa aktual lapangan. Hasil output terlihat bahwa nilai koefisien determinansi sebesar 0.7969 yang berarti sebesar 79.69% perubahan atau variasi nilai biomassa dapat dijelaskan oleh nilai indeks sedangkan 20,31% oleh variabel lainnya.

Kelas kepadatan sedang mempunyai nilai karbon antara 71.64 – 91.48 ton/ha, kelas kepadatan sedang mempunyai nilai karbon antara 91.48 – 111.31 ton/ha serta kelas kepadatan tinggi mempunyai nilai karbon antara

111.31 – 131.15 ton/ha. Nilai RMSE berkisar antara 11.61 sampai 13.07.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan (Ditjen Risbang) yang telah memberikan hibah dana penelitian ini, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN yang telah menyediakan data, Tim Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

- Dharmawan, I. W. S. dan Siregar, C. H. (2008). *Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan Avicennia Marina (Forsk) Vierh di Ciasem*, Purwakarta. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. 4(4): 317—328.
- Donato, C. D., Kauffman, J., Murdiyarso, B., Kurnianto, S., Stidham, M dan Kanninen, M. (2011). *Mangroves Among The Most Carbon-Rich Forests in The Tropics*. Nature Geoscience. 4: 293—297.
- Duke, N.C. (2006). *Australia's Mangroves: The Authoritative Guide to Australia's Mangrove Plants*. Brisbane: University of Queensland
- Fatoyinbo, Temilola, (2012). *Remote Sensing of Biomass Principles and Applications*, Croatia: Intech.
- Kauffman, J. Boone, & Daniel C. Donato. (2012). *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass, and Carbon Stocks in Mangrove Forests* CIFOR. Bogor, Indonesia
- Kementerian Kehutanan. (2013). *Pendugaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia*. Buku. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelirian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor
- Krisnawati, H. (2010). *REDD+ dan Forest Governance: Status Data Stok Karbon dalam Biomas Hutan di Indonesia*. Buku. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Krisnawati, H. Adinugroho, W.C. Imanuddin R. dan Hutabarat. S. (2014). *Pendugaan Biomassa Hutan untuk Perhitungan Emisi CO2 di Kalimantan Tengah*. Buku. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M., Sasmito, S., Donato, D., Kurnianto, S. (2015). *The Potential of Indonesian Mangrove Forests for Global Climate Change Mitigation*. Nature Climate Change. Vol.5, DOI: 10.1038/NCLIMATE2734.
- Noor, Rusila Yus, M. Khazali, dan I. N. N. Suryadiputra. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP. Bogor.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., Hilmi, E. (2014). *Potensi Estimasi Karbon Tersimpan Pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi*. Omni-Akuatika Vol. XIII No.19 November 2014 : 85 -91.
- Sadelie, A., et al, H. (2012). *Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Perdagangan Karbon*. Jurnal Hutan dan Masyarakat. 6 (1): 1-11.
- WALHI. (2010). *Hutan Mangrove: Laju Kerusakan di Lampung Sulit diredam*. <http://www.walhi.or.id/in/ruang-media/walhi-dimedia/1048-hutan-mangrove-laju-kerusakan-dilampung-sulit-diredam>. (10 April 2017).
- Yusandi, S., Jaya, I Nengah Surati. (2015). *Model Penduga Biomassa Hutan Mangrove Menggunakan Citra Satelit Resolusi Sedang di Areal Kerja Perusahaan Konsesi Hutan di Kalimantan Barat*. Bonorowo Wetlands 6 (2): 69-81, December 2015