

PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 UNTUK ESTIMASI STOK KARBON HUTAN MANGROVE DI KAWASAN SEGARA ANAKAN CILACAP JAWA TENGAH

Hernandea Frieda Forestriko
hernanda@gmail.com

Hartono
hartono_ge@ugm.ac.id

ABSTRACT

This research has the purposes to determine estimation of carbon stocks which stored by mangrove forests in Segara Anakan Area, Cilacap, Central Java and determine level of accuracy from estimation of carbon stocks at each various transformastions at Landsat 8 that are used and to know which vegetation index is the best for estimating carbon stocks at mangrove forests. Carbon stock estimation obtained by referring that 47% of biomass is the carbon stock.

The results of research showed that the amount of carbon stocks can be stored by mangrove forests in Segara Anakan with area of approximately 7.8 thousand hectares are 70449.305 tons for NDVI, 71681.367 tons for TVI, and 71094.834 tons for SAVI. The best vegetation index to estimate the carbon stocks in mangrove forests at Segara Anakan Area is SAVI. The best accuracy rate from vegetation index used is SAVI that has an accuracy ± 0.186 tons/ha.

Keywords : estimation of carbon stock, mangrove, landsat 8, remote sensing

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui estimasi besarnya stok karbon yang mampu disimpan oleh hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah dan mengetahui besarnya tingkat akurasi hasil estimasi stok karbon dari berbagai transformasi pada citra Landsat 8 yang digunakan serta mengetahui indeks vegetasi yang terbaik untuk mengestimasi stok karbon hutan mangrove. Estimasi stok karbon didapatkan dengan mengacu bahwa 47% dari biomassa merupakan stok karbon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya stok karbon yang mampu disimpan oleh hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan dengan luasan sekitar 7,8 ribu hektar ialah sebesar 70449,305 ton untuk NDVI, 71681,367 ton untuk TVI, dan 71094,834 ton untuk SAVI. Indeks vegetasi terbaik untuk mengestimasi stok karbon pada hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan ialah indeks vegetasi SAVI. Tingkat akurasi terbaik dari indeks vegetasi yang digunakan ialah SAVI yang memiliki akurasi sebesar $\pm 0,186$ ton/ha.

Kata Kunci : estimasi stok karbon, mangrove, landsat 8, penginderaan jauh

PENDAHULUAN

Pemanasan global saat ini menjadi salah satu isu di dunia yang hangat diperbincangkan. Penyebab dari pemanasan global tersebut salah satunya ialah jumlah karbon dioksida (CO₂) yang terus meningkat di udara yang diiringi dengan menurunnya luasan hutan yang berfungsi sebagai penyimpan karbon dioksida (CO₂). Menurut Arief (2005) hutan memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan iklim global di dunia, vegetasi hutan akan memfiksasi CO₂ melalui proses fotosintesis. Jika hutan terganggu maka siklus CO₂ dan O₂ (siklus karbon) di atmosfer akan terganggu.

Indonesia memiliki potensi sumberdaya hutan yang sangat melimpah, dan salah satunya ialah hutan mangrove. Potensi hutan mangrove Indonesia cukup besar, Indonesia memiliki luas hutan mangrove terbesar di dunia. Menurut Donato *et al.* (2011) terdapat penelitian yang menyebutkan bahwa hutan mangrove per hektar dapat menyimpan sampai empat kali lebih banyak karbon dibandingkan hutan tropis lainnya di seluruh dunia yang dilakukan oleh Tim Peneliti dari US Forest Service Pasifik Barat Daya dan Stasiun Penelitian Utara, Universitas Helsinki dan Pusat Penelitian Kehutanan Internasional dengan jumlah hutan mangrove yang diteliti sebanyak 25 hutan mangrove.

Teknologi penginderaan jauh yang sedang berkembang saat ini dapat digunakan sebagai salah satu metode estimasi stok karbon karena unggul dari segi biaya, cakupan areal yang luas, dan biaya yang lebih murah jika dibandingkan melalui survei lapangan. Konsep dari penginderaan jauh yang menjelaskan bahwa setiap objek berbeda di permukaan bumi memberikan pantulan spektral yang berbeda pula menjadikan penginderaan jauh diminati untuk digunakan dalam suatu penelitian yang berkaitan dengan objek di

permukaan bumi, salah satunya seperti studi vegetasi terkait stok karbon.

Ketersediaan data citra *time series* meliputi seluruh wilayah Indonesia, gratis untuk diunduh, dan resolusi (spasial, temporal, dan radiometrik) terbilang baik merupakan 3 macam keunggulan yang dimiliki secara sekaligus oleh Landsat 8 dan tidak dimiliki oleh citra-citra lainnya sehingga mendukung untuk berbagai macam kebutuhan, salah satunya pada studi vegetasi. Citra satelit Landsat 8 dengan segala macam kelebihan dianggap dapat digunakan sebagai data penginderaan jauh untuk keperluan estimasi stok karbon.

Tujuan dari penelitian ini ialah

1. Mengestimasi besarnya stok karbon yang mampu disimpan oleh hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan dan memetakan persebarannya.
2. Mengetahui indeks vegetasi terbaik untuk mengestimasi stok karbon pada hutan mangrove.
3. Mengetahui besarnya tingkat akurasi dari berbagai macam transformasi yang digunakan pada citra penginderaan jauh, khususnya citra Landsat 8 dalam estimasi stok karbon pada hutan mangrove.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan meliputi :

1. Data Primer
 - a. Citra Landsat 8 perekaman tahun 2015.
 - b. Data yang diambil saat kerja lapangan, seperti diameter setinggi dada (DBH), berat basah, dan berat basah sampel serta jenis mangrovenya.
2. Data Sekunder
Peta Jenis Tanah Kabupaten Cilacap skala 1 : 350.000.
3. Perangkat Keras
 - a. Seperangkat Laptop

- b. Printer untuk mencetak laporan dan peta-peta.
 - c. GPS (*Global Positioning System*) untuk membantu navigasi saat kerja lapangan.
 - d. Pita Ukur untuk mengukur diameter setinggi dada pohon mangrove.
 - e. Tali Tambang untuk membuat batas pada plot pengukuran.
 - f. Kamera Digital untuk dokumentasi saat kerja lapangan.
4. Perangkat Lunak
- a. Perangkat lunak ArcGis 10.1 sebagai pengolah sistem informasi geografis.
 - b. Perangkat lunak Envi 4.5 sebagai pengolah citra digital.
 - c. Perangkat lunak Ms. Word 2013 sebagai pengolah data laporan.
 - d. Perangkat lunak Ms. Excel 2013 sebagai pengolah data tabular.

Citra Landsat 8 yang sudah dikoreksi radiometrik dipergunakan untuk mengekstraksi data variabel-variabel yang dibutuhkan untuk membuat peta satuan lahan guna penentuan variabel. Koreksi geometrik tidak dilakukan dengan alasan bahwa citra Landsat 8 yang diunduh sudah memiliki tingkat akurasi sebesar 12 meter dengan tingkat kepercayaan sebesar 90%. Tingkat akurasi ini masih dinilai baik dikarenakan idealnya ialah nilai *RMS error* tidak boleh lebih dari angka 0,5 dimana angka 0,5 merupakan kemungkinan terjadinya pergeseran piksel pada citra yang digunakan, yaitu 0,5 x resolusi spasial. Citra yang digunakan ialah Landsat 8 berarti 0,5 x 30 meter = 15 meter sehingga tingkat akurasi sebesar 12 meter dianggap sudah layak untuk digunakan dalam tahapan lebih lanjut.

Data yang diekstraksi dari Landsat 8 ialah data berupa informasi kerapatan tajuk dan jenis vegetasi mangrove. Informasi kerapatan tajuk didapatkan dengan menggunakan transformasi NDVI dan didapatkanlah 3 kelas kerapatan tajuk

di hutan mangrove pada Kawasan Segara Anakan sedangkan informasi jenis vegetasi mangrove didapatkan dengan klasifikasi secara *unsupervised* yang menghasilkan hanya 2 jenis vegetasi mangrove. Data karakteristik lahan sebagai data ketiga yang digunakan sebagai variabel pembentuk peta satuan lahan didapatkan dari data sekunder peta jenis tanah Kabupaten Cilacap skala 1 : 350.000 yang terdapat 2 jenis tanah di daerah penelitian. Ketiga variabel yang sudah didapatkan lalu dikombinasikan sehingga mendapatkan 12 satuan lahan.

Kedua belas satuan lahan yang dimiliki digunakan sebagai panduan dalam menentukan pemilihan lokasi sampel. Penentuan lokasi sampel dilakukan dengan cara *purposive sampling*. Cara ini dipilih agar saat kerja lapangan bisa lebih efisien dari segi waktu, tenaga, biaya, dan aksesibilitasnya karena metode pemilihan sampelnya dilakukan secara sengaja didasarkan atas karakteristik-karakteristik tertentu. Setiap satuan lahan dialokasikan sampel sejumlah 4 dengan rincian 3 sampel digunakan untuk membangun persamaan statistik dan 1 sampel digunakan untuk uji akurasi.

Kerja lapangan dilakukan untuk mengambil data berupa diameter setinggi dada (DBH), berat basah, dan berat basah sampel serta jenis mangrovenya. Data diameter setinggi dada diambil untuk mangrove yang masuk ke dalam kategori pancang, tiang, dan tegakan. Data berat basah dan berat basah sampel diambil untuk mangrove yang masuk ke dalam kategori semai dan tumbuhan bawah. Plot sampel dalam kerja lapangan yang digunakan untuk kategori pancang, tiang, dan tegakan secara berturut-turut ialah 5x5 ; 10x10 ; 20x20 dalam satuan meter sedangkan untuk kategori semai dan tumbuhan bawah menggunakan ukuran 1x1 meter.

Data-data yang didapatkan diolah untuk mengestimasi biomassa di lapangan. Kategori pancang, tiang, dan tegakan menggunakan rumus alometri guna mendapatkan estimasi biomassa sedangkan kategori semai dan tumbuhan

bawah menggunakan berat kering totalnya sebagai biomassa. Data biomassa tersebut dikalikan dengan 0,47 untuk mendapatkan estimasi stok karbonnya. Hal tersebut karena mengikuti aturan dari SNI 7724:2011 bahwa 47% dari biomassa ialah karbon.

Hasil estimasi stok karbon di lapangan kemudian dilihat hubungannya dengan transformasi-transformasi indeks vegetasi yang digunakan, yaitu NDVI, TVI, dan SAVI dengan analisis regresi untuk melihat transformasi indeks vegetasi mana yang terbaik untuk estimasi stok karbon hutan mangrove. Selain itu, dilakukan pula uji akurasi dari estimasi stok karbon yang dilakukan terhadap transformasi-transformasi indeks vegetasi yang digunakan dengan menggunakan *standard error of estimate*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi kandungan biomassa mangrove dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan rumus alometri ataupun dengan cara konvensional. Dalam penelitian ini digunakan kedua caranya tersebut dikarenakan kondisi hutan mangrove di lokasi penelitian yang dominan dengan jenis mangrove yang bertipe tumbuhan bawah, seperti *Derris heterophylla* dan *Achantus ilicifolius* sehingga tidak memungkinkan hanya menggunakan rumus alometri saja. Rumus alometri yang digunakan cukup beragam karena terdapat beberapa vegetasi mangrove yang sudah tersedia rumus alometri secara lebih spesifik.

Rumus alometri yang digunakan tidak dipisah menjadi rumus alometri untuk daun, rumus alometri untuk ranting dan rumus alometri untuk batang seperti banyaknya yang sudah digunakan pada penelitian-penelitian sejenis sebelumnya. Namun, menggunakan satu rumus alometri per vegetasinya untuknya mendapatkan biomassa atas permukaan tanah dari satu pohon mangrove secara keseluruhan. Metode konvensional yang dilakukan ialah dengan mendapatkan informasi berat basah

total dan berat basah sampel untuk kemudian sampelnya dikeringkan selama 48 jam dengan oven di lab untuk mendapatkan total berat keringnya melalui perbandingan sederhana yang merupakan biomassa itu sendiri bagi vegetasi mangrove bertipe tumbuhan bawah dan semai.

Tabel 1. Rumus Alometri untuk Estimasi Biomassa Vegetasi Mangrove

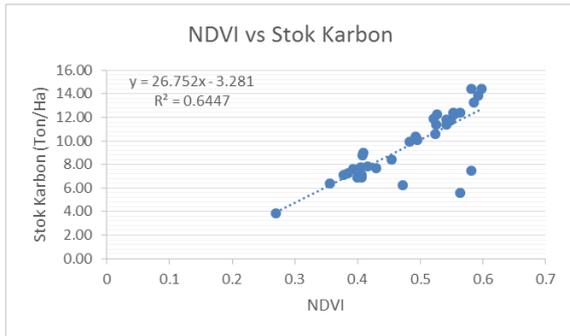
Jenis Mangrove	Alometri Biomassa Atas Permukaan Tanah	Sumber
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W = 0.251 \times 0.701 (DBH^{2.46})$	Temilola dkk (2007)
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$W = 0.186 (DBH^{2.31})$	Clough dan K. Scott (1989)
<i>Xylocarpus granatum</i>	$W = 0.0823 (DBH^{2.59})$	Clough dan K. Scott (1989)
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W = 0.9789 (DBH^{2.6848})$	Clough dan K. Scott (1989)
<i>Avicennia alba</i>	$W = 0.2901 (DBH^{2.2605})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Avicennia marina</i>	$W = 0.1848 \times (DBH^{2.3224})$	Badan Litbang Kehutanan (2012)
<i>Heritiera littoralis</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Cerbera manghas</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Bruguiera cylindrica</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Xylocarpus molluccensis</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Aegiceras corniculatum</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Sonneratia caseolaris</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)
<i>Dolichanarona spathacea</i>	$W = 0.2064 (DBH^{2.34})$	Siregar dan Dharmawan (2009)

Keterangan :

W = Biomassa atas permukaan tanah (ton/ha)

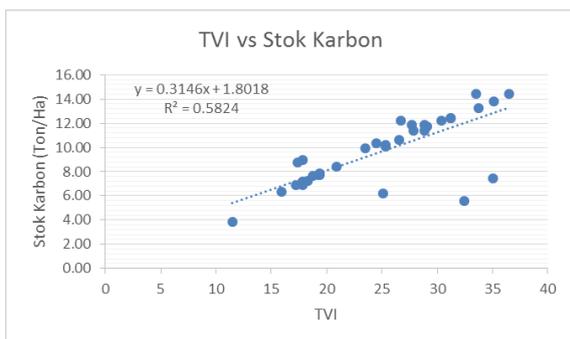
DBH = Diameter setinggi dada atau sekitar 1,3 meter (cm).

Informasi stok karbon diturunkan dari informasi biomassa yang dimiliki dari setiap sampelnya dengan mengacu pada SNI 7724:2011 bahwa 47% dari biomassa merupakan karbon. Besaran stok karbon biasanya direpresentasikan dalam satuan ton/ha. Hasil estimasi stok karbon yang didapatkan dilihat bagaimana hubungannya dengan transformasi-transformasi indeks vegetasi yang digunakan, yaitu NDVI, TVI, dan SAVI dengan menggunakan analisis regresi.



Gambar 1. Diagram Pencar Regresi Transformasi NDVI dengan Stok Karbon

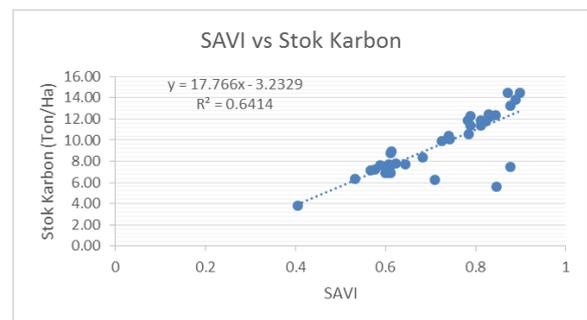
Diagram pencar regresi di atas menunjukkan hubungan antara transformasi NDVI dengan nilai karbon hasil perhitungan karbon lapangan yang linier. Nilai R^2 atau sering disebut dengan koefisien determinasi menunjukkan seberapa kuatnya hubungan antara kedua variabel tersebut yang menghasilkan nilai 0.6447 yang berarti bahwa sebanyak 64,47% variasi nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel dari transformasi NDVI. Persamaan yang diperoleh guna menunjukkan hubungan antara transformasi NDVI dengan nilai karbon ialah $y = 26.752x - 3.281$ dimana y adalah nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dan x merupakan nilai piksel hasil transformasi NDVI.



Gambar 2. Diagram Pencar Regresi Transformasi TVI dengan Stok Karbon

Diagram pencar regresi di atas menunjukkan hubungan antara transformasi TVI dengan nilai karbon hasil perhitungan karbon lapangan yang linier. Nilai R^2 atau sering disebut dengan koefisien determinasi menunjukkan

seberapa kuatnya hubungan antara kedua variabel tersebut yang menghasilkan nilai 0.5824 yang berarti bahwa sebanyak 58,24% variasi nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel dari transformasi TVI. Persamaan yang diperoleh guna menunjukkan hubungan antara transformasi TVI dengan nilai karbon ialah $y = 0.3146x + 1.8018$ dimana y adalah nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dan x merupakan nilai piksel hasil transformasi TVI.



Gambar 3. Diagram Pencar Regresi Transformasi SAVI dengan Stok Karbon

Diagram pencar regresi di atas menunjukkan hubungan antara transformasi SAVI dengan nilai karbon hasil perhitungan karbon lapangan yang linier. Nilai R^2 atau sering disebut dengan koefisien determinasi menunjukkan seberapa kuatnya hubungan antara kedua variabel tersebut yang menghasilkan nilai 0.6414 yang berarti bahwa sebanyak 64,14% variasi nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dapat dijelaskan oleh nilai piksel dari transformasi SAVI. Persamaan yang diperoleh guna menunjukkan hubungan antara transformasi SAVI dengan nilai karbon ialah $y = 17.766X - 3.2329$ dimana y adalah nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dan x merupakan nilai piksel hasil transformasi SAVI.

Variabel-variabel pembentuk satuan lahan yang digunakan untuk pengambilan sampel saat kerja lapangan merupakan variabel yang dianggap berpengaruh terhadap besaran karbon yang

mampu disimpan oleh hutan mangrove. Variabel-variabel tersebut ialah jenis vegetasi, kerapatan tajuk, dan karakteristik lahan yang diwakili oleh jenis tanah.

Dari hasil estimasi stok karbon yang dibedakan berdasarkan jenis vegetasi mangrovenya sebanyak 2 kelas memberikan gambaran bahwa tidak ada perbedaan yang mencolok dari jenis mangrove pada setiap titik sampelnya karena nilai karbonnya hanya berselisih sedikit, yaitu 15620,6 Kg dengan 15292,6 Kg untuk masing masing kelas dengan jumlah sampel sebanyak 18 sampel.

Variabel kerapatan tajuk memiliki keterkaitan yang linier. Linier disini memiliki arti bahwa semakin rapat tajuk maka akan semakin besar pula kandungan karbon yang dimiliki. Nilai total karbon hasil penjumlahan dari karbon di setiap titik sampelnya untuk masing masing kelas kerapatan ialah 7698.8 Kg untuk kerapatan rendah, 10510.1 Kg untuk kerapatan sedang, dan 12704.3 Kg untuk kerapatan tinggi.

Hal ini bisa terjadi karena pada area yang vegetasinya memiliki kerapatan tajuk lebih rapat, proses fotosintesisnya memiliki laju pereduksian CO₂ menjadi biomassa lebih cepat jika dibandingkan dengan kerapatan tajuk yang tidak rapat. Semakin banyak biomassa maka akan semakin besar pula kandungan karbon yang dimiliki.

Karakteristik lahan yang digunakan untuk pembuatan peta satuan lahan ialah diwakili oleh jenis tanah. Informasi jenis tanah didapatkan dari data sekunder yaitu peta jenis tanah dalam RTRW 2011-2031 yang dibuat oleh Pemerintah Kabupaten Cilacap. Jenis tanah untuk daerah penelitian terbagi menjadi dua saja, yaitu tanah aluvial dan tanah asosiasi litosol dan mediteran. Total kandungan karbon yang dimiliki vegetasi mangrove di atas tanah aluvial dari 18 sampel ialah sebesar 16351.8 Kg dan kandungan karbon yang dimiliki vegetasi mangrove di atas tanah asosiasi litosol dan mediteran dari 18 sampel ialah sebesar 14561.4 Kg.

Hal ini bisa terjadi karena menurut studi literatur, tanah aluvial termasuk tanah yang memiliki kandungan unsur hara yang relatif tinggi sedangkan tanah litosol termasuk jenis tanah yang bisa dibilang sangat sedikit dan tanah mediteran bersifat alkalis sehingga mengikat fosfat dan menyebabkan kendala bagi vegetasi dalam pertumbuhannya serta unsur hara yang dikandung pada jenis tanah ini hampir tidak ada. Kandungan unsur hara pada tanah akan menentukan pertumbuhan dari vegetasi. Apabila unsur hara tinggi maka vegetasi akan cepat untuk tumbuh begitu pula yang terjadi sebaliknya jika unsur hara sedikit maka vegetasi akan lambat pertumbuhannya. Semakin cepat tumbuh maka akan semakin cepat besar suatu vegetasi mangrove begitu pula sebaliknya. Vegetasi mangrove yang besar akan memiliki kandungan biomassa yang besar pula. Kandungan biomassa yang besar dari suatu vegetasi akan menyebabkan semakin besar pula kandungan karbon yang dimiliki oleh vegetasi tersebut.

Total estimasi stok karbon hutan mangrove yang mampu disimpan di Kawasan Segara Anakan dengan luasan sekitar 7,8 ribu hektar ialah sebesar 70449,305 ton untuk indeks vegetasi NDVI, 71681,367 ton untuk indeks vegetasi TVI, dan 71094,834 ton untuk indeks SAVI. Total stok karbon ini didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh hasil perkalian nilai karbon dengan jumlah pikselnya.

Estimasi stok karbon hutan mangrove di daerah penelitian yang hanya berkisar 70 ribuan ton di luasan hutan mangrove sekitar 7,8 ribu hektar terbilang kecil jika dibandingkan estimasi stok karbon hutan mangrove di Balai Taman Nasional Karimunjawa. Berdasarkan data Balai Taman Nasional Karimunjawa tahun 2012 luasan hutan mangrove yang masuk ke dalam pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa ialah seluas 396,4 hektar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hanindhito (2012) besaran nilai karbon terkecil pada hutan mangrove di Pulau

Karimunjawa ialah sebesar 1,9342 ton/m² yang apabila dikonversi ke dalam satuan hektar menjadi 19.342 ton/ha. Besaran nilai karbon tersebut apabila dikalikan dengan luasan hutan mangrove menurut data Balai Taman Nasional Karimunjawa menjadi sebesar 7667168,8 ton.

Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa luasan hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan hampir 20 kali lipat luasnya dibandingkan luasan hutan mangrove di Taman Nasional Karimunjawa tetapi besaran jumlah stok karbon yang dimiliki oleh hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan tidaklah lebih besar dari 1% jumlah stok karbon yang dimiliki oleh hutan mangrove di Taman Nasional Karimunjawa.

Hal tersebut bisa terjadi disebabkan oleh jumlah tipe vegetasi mangrove di Kawasan Segara Anakan yang bertipe tumbuhan bawah jauh lebih dominan dibandingkan vegetasi mangrove yang bertipe batang kayu sedangkan di Taman Nasional Karimunjawa lebih banyak ditemui vegetasi mangrove bertipe batang kayu dibandingkan yang bertipe tumbuhan bawah dan juga vegetasi mangrovenya yang bertipe batang kayu di Taman Nasional Karimunjawa jauh lebih rapat jika dibandingkan di Kawasan Segara Anakan.

Pemetaan stok karbon hutan mangrove di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah menghasilkan tiga peta dari hasil regresi transformasi indeks NDVI, TVI, dan SAVI yang bersifat estimasi atau pendugaan. Hal ini tentunya membutuhkan uji akurasi untuk melihat keakuratan estimasi stok karbon dari masing-masing indeks yang menggambarkan informasi stok karbon yang dihasilkan.

Uji akurasi yang dilakukan ialah menggunakan metode *standard error of estimate* yang dalam formulanya menggunakan nilai karbon hasil perhitungan di lapangan dengan nilai karbon hasil persamaan regresi dari beberapa transformasi indeks vegetasi yang digunakan. Hasil uji akurasi yang dilakukan pada tiga jenis indeks vegetasi yang

berbeda menghasilkan akurasi yang berbeda-beda pula. Semakin baik tingkat akurasi ditunjukkan dengan semakin rendahnya nilai yang didapatkan dari standar error estimasi. Nilai yang didapatkan untuk indeks NDVI, TVI dan SAVI secara berturut-turut ialah sebesar 0,581, 0,473, dan 0,186 sehingga nilai terendah dihasilkan oleh indeks vegetasi SAVI yang mencerminkan bahwa indeks vegetasi SAVI memiliki akurasi tertinggi diantara tiga indeks vegetasi yang diuji.

Indeks vegetasi SAVI dapat memiliki akurasi tertinggi disebabkan oleh penggunaan saluran-saluran yang peka terhadap objek vegetasi, seperti saluran inframerah dekat dan saluran merah. Selain itu, adanya faktor koreksi untuk vegetasi pada formula yang digunakan juga turut andil dalam tingginya tingkat akurasi yang dihasilkan. Menurut studi literatur, indeks vegetasi SAVI merupakan indeks yang dapat mereduksi gangguan tanah. Hal ini juga dianggap berperan dalam tingginya akurasi yang dihasilkan oleh indeks vegetasi SAVI.

Penelitian yang dilakukan oleh Hanindhito (2012) memiliki tingkat akurasi terbaik dari indeks vegetasi TVI sebesar 78,07 ton/ha sehingga apabila dikalikan luasan hutan mangrove yang masuk ke dalam pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa ialah seluas 396,4 hektar menjadi sebesar 30946,9 ton. Nilai total karbon yang dimiliki hutan mangrove untuk yang terkecil ialah sebesar 1,9342 ton/m² yang apabila dikalikan dengan luasan total hutan mangrovenya menjadi sebesar 7667168,8 ton. Apabila akurasi total dalam satuan ton dibandingkan dengan nilai karbon total pada luasan hutan mangrove dalam ton juga maka akan dihasilkan prosentase sebesar 0.4%.

Penelitian yang dilakukan Frananda (2011) memiliki tingkat akurasi terbaik dari indeks vegetasi TVI sebesar 39,7 ton/ha sehingga apabila dikalikan dengan luasan daerah penelitiannya yang sebesar 1368 hektar maka dihasilkan nilai karbon sebesar 54309,6 ton. Nilai total karbon yang

dimiliki hutan mangrove di Kawasan Segoroanak Taman Alas Purwo untuk nilai terkecil ialah 0,0424 ton/m² yang apabila dikalikan dengan luasan hutan mangrovenya menjadi sebesar 580032 ton. Apabila akurasi total dalam satuan ton dibandingkan dengan nilai karbon total pada luasan hutan mangrove dalam ton juga maka akan dihasilkan prosentase sebesar 9%.

Penelitian ini memiliki tingkat akurasi terbaik dari indeks vegetasi SAVI, yaitu sebesar 0,186 ton/ha yang apabila dikalikan dengan luasan hutan mangrove sebesar 7800 hektar maka akan dihasilkan nilai karbon sebesar 1450,8 ton. Nilai total karbon terkecil yang dimiliki oleh hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan ialah sebesar 70449,3 ton. Apabila akurasi total dalam satuan ton dibandingkan dengan nilai karbon total pada luasan hutan mangrove dalam ton juga maka akan dihasilkan prosentase sebesar 2%. Prosentase sebesar 2% dianggap sudah terbilang baik jika melihat tingkat akurasi yang didapatkan dari dua penelitian lainnya terkait studi estimasi stok karbon hutan mangrove.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Pemetaan estimasi stok karbon hutan mangrove di Kawasan Segara Anakan bisa disajikan hingga skala 1 : 100.000. Besarnya stok karbon yang mampu disimpan oleh hutan mangrove pada daerah penelitian di Kawasan Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah dengan luasan sekitar 7,8 ribu hektar ialah total sebesar 70449,305 ton untuk indeks vegetasi NDVI, 71681,367 ton untuk indeks vegetasi TVI, dan 71094,834 ton untuk indeks SAVI.
2. Indeks vegetasi terbaik untuk mengestimasi stok karbon pada hutan mangrove ialah SAVI karena memiliki hasil regresi yang sama dengan NDVI berkisar di angka

64% tetapi tingkat akurasi yang dimiliki lebih baik dibandingkan NDVI.

3. Tingkat akurasi terbaik dari transformasi indeks vegetasi yang digunakan dalam estimasi stok karbon hutan mangrove dihasilkan oleh indeks SAVI yang memiliki akurasi sebesar $\pm 0,186$ ton/ha sedangkan indeks NDVI memiliki akurasi sebesar $\pm 0,473$ ton/ha dan indeks TVI memiliki akurasi sebesar $\pm 0,581$ ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief A. 2005. *Hutan dan Kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Clough, B.F. dan K. Scott. 1989. *Allometric Relationship for Estimating Above-Ground Biomassa in Six Mangrove Species*. Forest Ecology and Management.
- Donato, DC., J. Boone Kauffman, Daniel Murdiyarso, Sofyan Kurnianto, Melanie Stidham dan Markku Kanninen. 2011. *Mangroves Among The Most Carbon-Rich Forests In The Tropics*. Nature Geoscience. DOI: 10.1038.
- Frananda, Hendry. 2012. Integrasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Kawasan SegoroAnak Pada Kawasan Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi, Jawa Timur. Thesis S2. Yogyakarta : UGM.
- Hanindhito, Satriyo. 2012. *Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Dengan Menggunakan Citra Satelit ALOS AVNIR-2 Di Kepulauan Karimunjawa*. Skripsi S1. Yogyakarta : UGM.
- Jensen, J. R. 2007. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective (2nd ed)*.

- Englewood Cliffs, N. J.:
Prentice Hall.
- Peraturan Kepala Badan Litbang
Kehutanan. 2012. *P.01/VII-
P3KR/2012 tentang Pedoman
Penggunaan Model Alometrik
Untuk Pendugaan Biomassa
dan Stok Karbon Hutan di
Indonesia*. Badan Litbang
Kehutanan. Bogor
- Siregar, C.A., dan Dharmawan. 2009.
*Biomassa Karbon Pada Hutan
Tanaman Mangrove*. Pusat
Penelitian Hutan dan
Konservasi Alam. Bogor.
- Temilola. E. Fatoyinbo., Marc Simard.,
Robert. A. Washington-Allen.,
dan H. A, Shugart. 2007.
*Landscapscale Extent, Height,
Biomass, and Carbon
Estimation of Mozambique's
Mangrove Forest with Landsat
ETM+ and Shuttle Radar
Topography Mission elevation
data*. American Geophysical
Union Copyright 2008

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Estimasi Stok Karbon Dengan Transformasi NDVI (Hasil Regresi Terbaik)



Lampiran 2. Peta Estimasi Stok Karbon Dengan Transformasi SAVI (Tingkat Akurasi Terbaik)

