

ESTIMASI STOK KARBON HUTAN DENGAN MEMANFAATKAN CITRA LANDSAT 8 DI TAMAN NASIONAL TESSO NILO, RIAU

Satrio Jati Kinantyo Widhi

kinantyowidhi@yahoo.com

Sigit Heru Murti

sigit.heru.m@ugm.ac.id

ABSTRAK

Mekanisme perdagangan karbon yang ditetapkan dalam Protokol Kyoto tahun 1997 diharapkan dapat memacu negara-negara yang terlibat untuk memandang stok karbon sebagai potensi sumberdaya yang dapat menguntungkan secara ekonomi maupun non-ekonomi serta memberikan efek bagi pemerintah untuk menjaga kelestarian hutan yang tersisa. Citra penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam estimasi stok karbon hutan secara kuantitatif salah satunya dengan transformasi indeks vegetasi. Metode dalam penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara beberapa indeks vegetasi dengan biomassa hutan secara statistik untuk mengestimasi besaran stok karbon hutan di Taman Nasional Tesso Nilo, Riau menggunakan citra Landsat 8 perekaman 18 Juni 2013, kemudian mencari model pendugaan biomassa berdasarkan salah satu indeks vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pendugaan biomassa hutan yang paling sesuai berdasarkan ARVI dengan persamaan $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$ dan diketahui total biomassa hutan di TNTN pada tahun 2013 sebesar 11.774.265,67 Ton, dengan asumsi 50% dari biomassa adalah stok karbon maka total stok karbon hutan sebesar 5.887.132,835 Ton.

Kata kunci: Biomassa, estimasi stok karbon, citra Landsat 8, Indeks Vegetasi

ABSTRACT

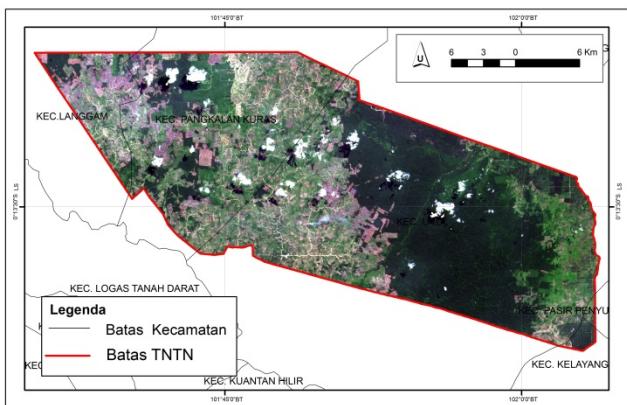
In 1997, The Kyoto Protocol defined carbon trading mechanism which was expected to stimulate the involved countries to look the forest-carbon as a potential resources that may create more benefit for economic and non-economic sectors, and also create effect for the government in order to protect their forest preservation which exist. Remote sensing imagery can be used to estimate forest-carbon stock which still exist quantitatively by using transformation of vegetation index. Methods used in this research were analyzing the relationship between some vegetation index and forest biomass statistically to estimate forest-carbon stock scale in Tesso Nilo National Park, Riau Province using Landsat-8 imagery data recorded on June 18, 2013 then looking for biomass estimation model based on one vegetation index. The result of this research showed that the suitable biomass estimation model is the model based on ARVI which has an equation: $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$. Based on this model it can be discovered that in 2013 the amount of forest biomass in Tesso Nilo National Park was 11.774.265,67 Tons, it has an assumption that 50% of the biomass was carbon-stock so that the forest-carbon stock was 5.887.132,835 Tons.

Key words: Biomass, Carbon stock estimation, Landsat 8 imagery, Vegetation Index

1. PENDAHULUAN

Pemanasan suhu bumi dan perubahan iklim yang sudah terjadi pada masa sekarang ini dipengaruhi oleh emisi karbondioksida (CO_2) dan gas rumah kaca lainnya yang dihasilkan dari aktivitas manusia di muka bumi, salah satunya adalah perubahan penggunaan lahan

Pada tahun 1997 melalui Protokol Kyoto telah disepakati bahwa negara-negara maju harus mengurangi emisi gas rumah kaca paling sedikit 5% dari tingkat emisi tahun 1990 menjelang periode 2008-2012. Mekanisme yang digunakan adalah penjualan emisi gas rumah kaca dan CDM (Clean Development Mechanism) yang merupakan suatu bentuk pasar dari perdagangan karbon untuk negara-negara berkembang. Stok karbon adalah jumlah karbon yang terkandung dalam kantong karbon (*carbon pool*), yang merupakan reservoir atau sistem yang memiliki kapasitas untuk mengakumulasi atau melepas karbon terkait dengan kemampuan tanaman dalam menyerap atau menahan kandungan karbon di udara. Hutan sebagai gudang raksasa penyimpanan karbon berperan sebagai penyedia kantong karbon (*carbon pool*).



Gambar 1 : Citra Daerah Penelitian

Taman Nasional Tesso Nilo merupakan hutan tropis dataran rendah yang terletak di Provinsi Riau dan digunakan untuk konservasi harimau dan gajah sumatera (WWF, t.t). Kawasan Taman Nasional Tesso Nilo telah ditetapkan menjadi kawasan lindung oleh pemerintah, namun laju degradasi dan deforestasi hutan masih cukup tinggi di kawasan ini. Perambahan dan pembukaan lahan hutan Tesso Nilo sebagian besar menjadi kebun sawit dan menyisakan hutan alam yang juga tidak luput dari ancaman perambahan di masa mendatang. Hutan alam yang tersisa inilah yang akan menjadi obyek kajian dalam penelitian ini.

Inventarisasi hutan pada saat ini hampir tidak mungkin dilakukan tanpa menggunakan penginderaan jauh. Pengumpulan data di lapangan secara langsung memang lebih cermat dan akurat namun membutuhkan waktu, tenaga dan biaya yang besar, terutama pada wilayah kajian yang luas. Oleh karena itu, untuk tujuan praktis dalam bidang kehutanan, dapat dilakukan dengan cara mengawinkan data lapangan, data penginderaan jauh dan uji silang hasil analisis citra dengan sampel lapangan. Dalam terapannya di bidang kehutanan, karakteristik spektral pada citra PJ diharapkan memiliki korelasi dengan karakteristik biofisik seperti biomassa dan stok karbon sehingga data penginderaan jauh dapat digunakan sebagai jembatan dalam menghitung stok karbon pada seluruh wilayah kajian.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dapat membantu dalam melakukan estimasi stok karbon hutan secara kuantitatif melalui penyusunan model statistik beberapa transformasi citra yang berkorelasi dengan biomassa hutan. Biomassa hutan dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan karbon dalam vegetasi hutan karena 50% biomassa tersusun dari karbon (Brown dan Gaston, 1996). Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra

(biasanya multisaluran), untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil dan sebagainya (Danoedoro, 2012). Terdapat banyak jenis indeks vegetasi, sehingga perlu diteliti lebih lanjut, indeks vegetasi manakah yang dapat digunakan untuk menyusun model terbaik pendugaan biomassa di hutan Tesso Nilo.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan biomassa dan stok karbon hutan di lapangan.
2. Menyusun model pendugaan terbaik biomassa hutan Tesso Nilo berdasarkan nilai indeks vegetasi.
3. Mengetahui nilai total dan sebaran stok karbon hutan Tesso Nilo pada tahun 2013.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat Penelitian

1. Seperangkat komputer
2. Perangkat lunak ArcGIS versi 9.3
3. Perangkat lunak ENVI 4.5
4. Perangkat lunak SPSS
5. Perangkat lunak Microsoft Excel, dan Microsoft Word
6. Pita ukur
7. GPS (*Global Positioning System*)
8. Patok dan tali

Bahan penelitian

1. Citra Landsat 8 path 126 row 60 perekaman 18 Juni 2013

2. Peta Batas Kawasan Taman Nasional Tesso Nilo skala 1 :125.000
3. Peta Batas Administrasi Provinsi Riau skala 1 :125.000
4. Peta PenutupLahan Kawasan Taman Nasional Tesso Nilo tahun 2012 skala 1 :125.000

2.2 Tahap Pengolahan Citra

2.2.1 Koreksi Citra

koreksi geometrik tidak dilakukan karena citra yang digunakan sudah memiliki level koreksi 1T (koreksi *terrain* standar) sehingga sudah memiliki akurasi geometrik yang cukup tinggi.

koreksi radiometrik dilakukan untuk mengkonversi nilai DN pada citra ke nilai *at-sensor reflectance* lalu dikonversi lagi ke nilai *at-surface reflectance*, rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\rho\lambda' = \frac{M_\rho * Q_{cal} + A_\rho}{\sin \theta_{SE}}$$

di mana,

$\rho\lambda'$ = Nilai pantulan pada sensor (*at-sensor reflectance*)

M = Reflectance_Mult_Band_X (X adalah jenis saluran) diperoleh dari metadata

Q_{cal} = Nilai piksel (DN)

A_ρ = Reflectance_Add_Band_X (X adalah jenis saluran) diperoleh dari metadata

θ_{SE} = Sudut elevasi matahari

$$BV_{(at-surface reflectance)} = \rho\lambda' - bias$$

di mana,

$BV_{(at-surface reflectance)}$ = nilai pantulan pada permukaan bumi

$\rho\lambda'$ = nilai pantulan pada sensor (*at-sensor reflectance*)

bias = pergeseran nilai piksel minimum pada citra

(diperoleh dari histogram citra)

2.2.2 Klasifikasi Penutuplahan

Klasifikasi penutuplahan dibagi menjadi 6, yaitu hutan, kebun (sawit dan akasia), semak belukar, lahan terbuka, awan dan bayangan awan. Metode klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terselia dengan algoritma *Maximum Likelihood*. Interpretasi secara visual juga dibutuhkan dalam menentukan ROI, mengingat tidak mudah menemukan piksel murni dalam citra sehingga unsur-unsur interpretasi visual dapat digunakan sebagai acuan.

Pemisahan piksel hutan dan piksel non-hutan dilakukan karena dalam penelitian ini hanya penutuplahan hutan yang akan dihitung biomassa dan stok karbonnya, pemisahan dilakukan dengan metode masking.

2.2.3 Transformasi Indeks Vegetasi

Transformasi indeks vegetasi dilakukan untuk memperoleh nilai indeks vegetasi tiap piksel yang akan digunakan sebagai variabel bebas untuk regresi dengan data biomassa hasil pengukuran lapangan. Ada 6 jenis indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu NDVI, DVI, RVI, TVI, GEMI dan ARVI di mana masing-masing indeks vegetasi memiliki rentang nilai yang berbeda-beda.

Tabel 1: Tabel Formula Indeks Vegetasi

N o	Indeks Vegetasi	Formula
1	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{\text{saluran inframerah dekat} - \text{saluran merah}}{\text{saluran inframerah dekat} + \text{saluran merah}}$
2	Ratio Vegetation Index (RVI)	$\frac{\text{saluran inframerah dekat}}{\text{saluran merah}}$

3	Transformed Vegetation Index (TVI)	$\frac{(\text{saluran Inframerah dekat} - \text{saluran merah})}{\sqrt{(\text{saluran inframerah dekat} + \text{saluran merah})}} + 0,5$
4	Different Vegetation Index (DVI)	$2,4(\text{saluran inframerah dekat}) - (\text{saluran merah})$
5	Global Enviromental Modelling Index (GEMI)	$\text{eta} \times (1 - 0,25 \times \text{eta}) - \frac{\text{saluran merah} - 0,125}{1 - \text{saluran merah}}$
6	Atmospheric Resistant Vegetation Index (ARVI)	$\frac{\text{saluran inframerah dekat} - rb}{\text{saluran inframerah dekat} + rb}$

2.3 Tahap Penentuan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* berdasarkan NDVI. Pengambilan sampel dilakukan pada area yang dapat dijangkau pada tiap nilai kerapatan vegetasi hasil konversi dari nilai NDVI. Penentuan ukuran plot sampel lapangan disesuaikan dengan resolusi spasial citra Landsat yaitu 30 m x 30 m.

2.4 Tahap Lapangan

Tahap lapangan dilakukan pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan sebagai sampel dalam penelitian ini. Tahapan tersebut antara lain Pengukuran keliling batang setinggi dada menggunakan pita ukur pada semua pohon pada tiap plot sampel yang nantinya akan diturunkan untuk memperoleh data diameter batang (DBH), Identifikasi jenis pohon sebagai informasi tambahan dalam melakukan analisa, dan Perhitungan jumlah total pohon pada masing-masing plot sampel.

2.5 Tahap Perhitungan Biomassa Sampel

Biomassa yang dihitung pada penelitian ini adalah biomassa atas permukaan, sedangkan biomassa bawah permukaan diabaikan. Perhitungan biomassa sampel dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik yang dikembangkan untuk hutan tropis heterogen dataran rendah (Basuki, 2009) :

$$\ln(\text{TAGB}) = -1,201 + 2,196 \ln(\text{DBH})$$

di mana,

TAGB = biomassa atas permukaan

DBH = diameter batang

2.6 Tahap Analisis Statistik

Analisis regresi bertujuan untuk membangun model untuk mengestimasi total biomassa hutan seluruh wilayah kajian berdasarkan nilai indeks vegetasi pada tiap sampel. Jenis regresi yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linier dan regresi non linier yang terdiri dari model logaritmik, model kuadratik, dan model eksponensial.

Pemilihan model regresi terbaik pada masing-masing jenis indeks vegetasi dapat dilihat dari bentuk garis regresi berdasarkan plot nilai input pada grafik regresi, nilai R (koefisien korelasi) dan R^2 (koefisien determinasi), uji ANOVA dan uji t.

2.7 Tahap Uji Akurasi

Uji akurasi model regresi dilakukan dengan cara membandingkan nilai biomassa hasil regresi dengan data pengukuran sampel lapangan yang tidak dimasukkan dalam proses membangun model regresi kemudian dihitung penyimpangannya. Standar error estimasi dihitung menggunakan rumus :

$$SE = \sqrt{\frac{(y - y')^2}{n-2}}$$

di mana ,

SE = Standar Error Estimasi

y = Biomassa lapangan

y' = Biomassa hasil dari persamaan regresi

n = Jumlah titik sampel

Pemilihan model terbaik berdasarkan pada nilai standar error estimasi yang paling kecil. Model dengan nilai penyimpangan terkecil kemudian digunakan untuk menghitung nilai total biomassa dan stok karbon hutan daerah kajian.

2.8 Tahap Perhitungan Biomassa dan Stok Karbon

Model regresi terbaik yang sudah dipilih kemudian digunakan untuk menghitung seluruh total nilai biomasa hutan Taman Nasional Tesso Nilo. Konversi dari nilai biomassa hutan menjadi stok karbon hutan didasarkan pada teori menurut Brown (1996) yaitu 50% biomassa hutan tersusun dari karbon. Nilai stok karbon hutan kemudian diklasifikasi menjadi 5 kelas untuk memudahkan dalam penyajian peta estimasi stok karbon hutan sehingga membantu dalam mengetahui persebarannya untuk kemudian dianalisis.

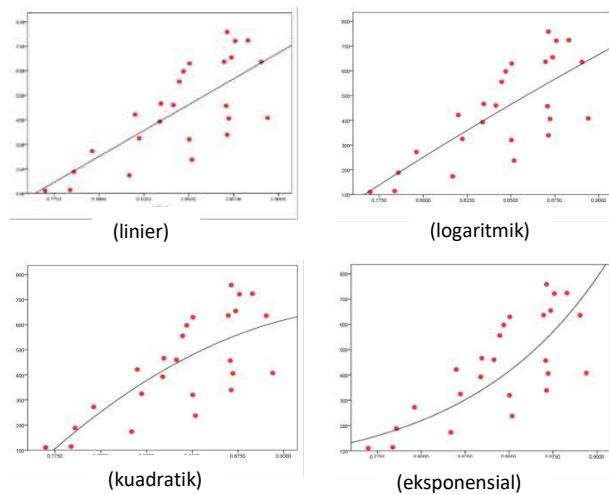
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Statistik

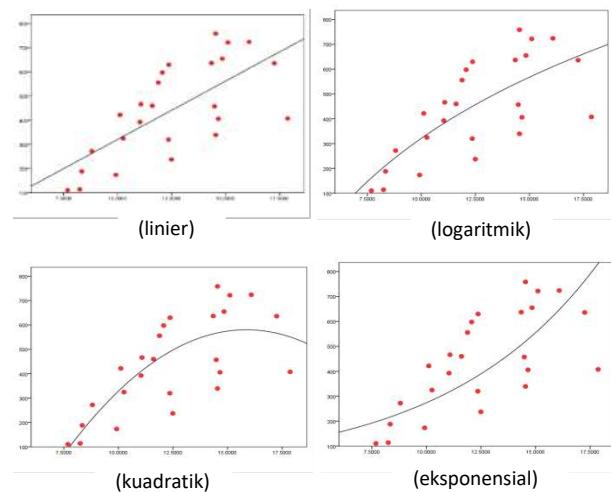
Analisis statistik pada penelitian ini digunakan untuk membangun dan menentukan model terbaik estimasi biomassa hutan TNTN menggunakan indeks vegetasi. Selain itu analisis statistik digunakan untuk mengkaji hubungan antara masing-masing indeks vegetasi dengan biomassa dan stok karbon hutan Taman Nasional Tesso Nilo.

Penentuan model terbaik pada penelitian ini juga tidak semata-mata bergantung pada nilai secara statistik. Pendekatan logika berpikir juga digunakan dalam melihat bentuk sebaran plot

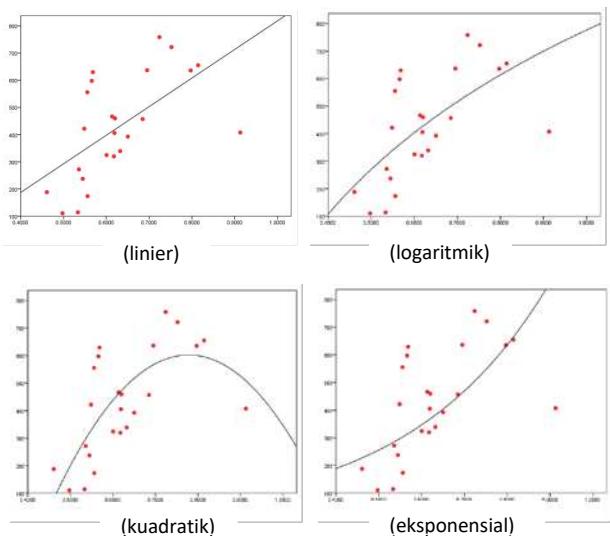
dalam diagram pencar dan bentuk garis regresi yang dihasilkan. Hal ini bertujuan untuk mengakomodir karakteristik nilai biomassa sampel dan nilai indeks vegetasi sampel yang memiliki batas akhir (nilai maksimum).



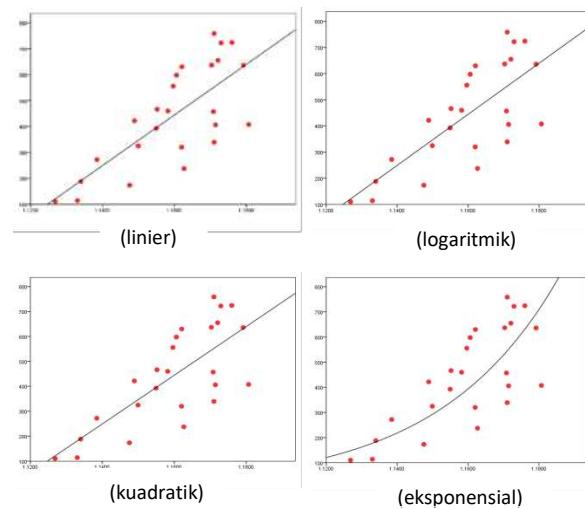
Gambar 2 : Grafik model NDVI dan biomassa



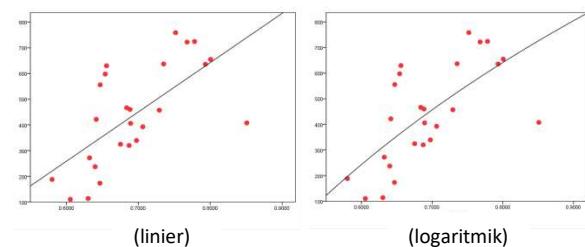
Gambar 4 : Grafik model RVI dan biomassa

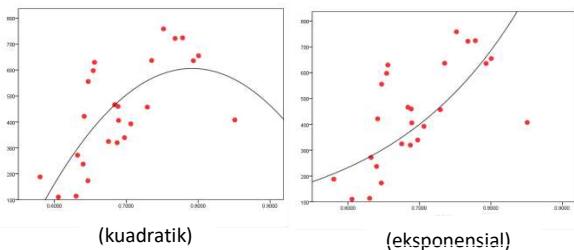


Gambar 3 : Grafik model DVI dan biomassa

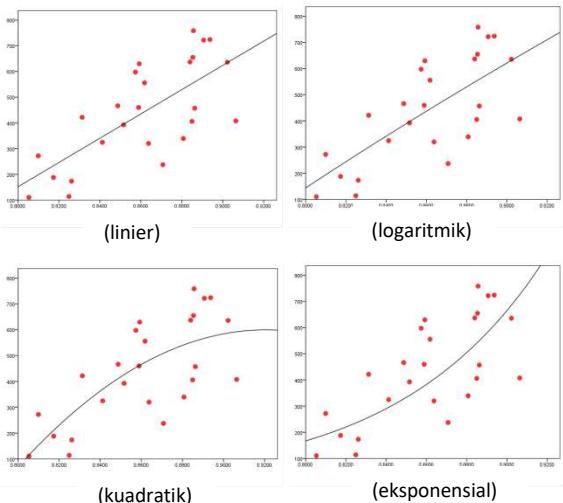


Gambar 5 : Grafik model TVI dan biomassa





Gambar 6: Grafik model GEMI dan biomassa



Gambar 6: Grafik model ARVI dan biomassa

Hasil analisis regresi pada masing-masing indeks vegetasi terhadap biomassa sampel berdasarkan bentuk garis regresi, nilai R, R^2 , uji ANOVA, dan uji t bervariasi satu dengan yang lain. Regresi yang baik untuk digunakan sebagai model estimasi memiliki nilai signifikansi ANOVA di bawah 0,05 dan memiliki nilai signifikansi konstanta dan koefisien model di bawah 0,05. Jika syarat tersebut tidak terpenuhi maka model tersebut tidak dianalisis lebih lanjut.

Biomassa sampel pada kenyataannya di lapangan akan mencapai titik jenuh karena keterbatasan area plot sampel serta batas umur pertumbuhan pohon sehingga pada saat mencapai titik jenuh, nilai biomassa sampel tidak akan naik lagi, bilapun naik, peningkatannya akan sangat kecil.

Model terbaik pada masing-masing indeks vegetasi kemudian dipilih untuk dilakukan uji akurasi. Uji akurasi ini yang kemudian digunakan untuk keputusan final, indeks vegetasi mana yang akan digunakan untuk menghitung biomassa dan stok karbon hutan di wilayah kajian.

Uji Akurasi

Parameter yang digunakan untuk menilai akurasi model adalah nilai standar error estimasi. Perhitungan nilai standar error estimasi menggunakan data sampel lapangan yang tidak digunakan dalam membangun model.

Hasil uji akurasi model menunjukkan bahwa model regresi logaritmik berdasarkan ARVI memiliki standar error estimasi yang paling kecil sehingga merupakan model regresi dengan akurasi terbaik dibandingkan dengan model-model lainnya. Model regresi logaritmik berdasarkan ARVI juga memiliki nilai R dan R^2 yang tinggi, meskipun bukan yang tertinggi. Standar error estimasi menjadi acuan penting dalam menentukan model terbaik akhir untuk mengestimasi biomassa dan stok karbon di lapangan karena data acuan lapangan memiliki keakuratan yang tinggi dalam merepresentasikan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Berdasarkan analisis statistik dan hasil uji akurasi model, maka model regresi kuadratik berdasarkan ARVI dipilih sebagai model terbaik untuk mengestimasi biomassa dan stok karbon hutan di Taman Nasional Tesso Nilo pada Tahun 2013, dengan persamaan model $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$.

Kelebihan Transformasi ARVI dalam meminimalkan pengaruh atmosfer dengan menggunakan band biru menjadi faktor

tingginya akurasi model dibandingkan dengan indeks vegetasi yang lain. Wilayah kajian berada tidak jauh di sebelah selatan garis khatulistiwa. Intensitas cahaya matahari yang tinggi dan dalam waktu yang lebih panjang mengakibatkan tingginya uap air hasil evaporasi dan evapotranspirasi pada atmosfer di wilayah kajian, sehingga mengganggu dalam proses perekaman pantulan obyek vegetasi di bawahnya.

Tabel 2: Rekapitulasi Statistik Model Terbaik Masing-masing Indeks Vegetasi

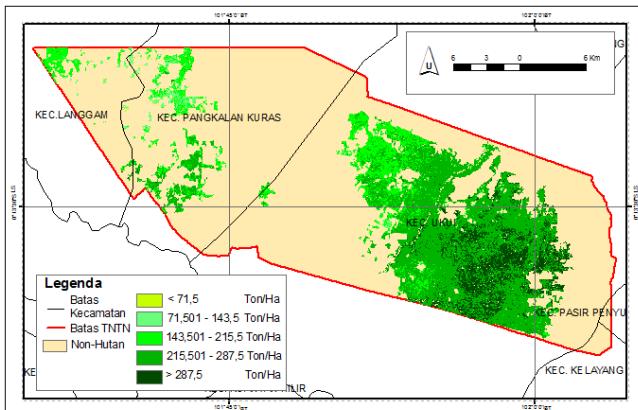
Indeks vegetasi	Jenis regresi	Model Terbaik	R	R ²	Sig (ANOVA)	Sig (uji t)			Standar error estimasi
						Konstanta	Koef 1	Koef 2	
NDVI	Logaritmik	$Y = 1037,83 + 3526,824\ln(X)$	0,746	0,567	0,000	0,000	0,000	-	131,1
DVI	Kuadratik	$Y = -2543,124 + 8084,757X - 5194,691X^2$	0,714	0,510	0,001	0,012	0,008	0,019	1960,3
RVI	Kuadratik	$Y = -1263,528 + 232,495X - 7,329X^2$	0,763	0,583	0,000	0,020	0,010	0,035	128,9
TVI	Eksponensial	$Y = (5,44 \times 10^{-13})e^{(29,496X)}$	0,797	0,636	0,000	0,000	0,000	-	113,6
GEMI	Kuadratik	$Y = -6995,954 + 19206,504X - 12131,396X^2$	0,725	0,525	0,000	0,024	0,028	0,045	363,8
ARVI	Logaritmik	$Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$	0,712	0,506	0,000	0,000	0,000	-	97,9

Tabel 3: Uji Akurasi Model

Biomassa (y) Ton/Ha	NDVI $Y = 1037,83 + 3526,824\ln(X)$			DVI $Y = -2543,124 + 8084,757X - 5194,691X^2$			RVI $Y = -1263,528 + 232,495X - 7,329X^2$			TVI $Y = (5,44 \times 10^{-13})e^{(29,496X)}$			GEMI $Y = -6995,954 + 19206,504X - 12131,396X^2$			ARVI $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$		
	Nilai (x)	y'	y - y'	Nilai (x)	y'	y - y'	Nilai (x)	y'	y - y'	Nilai (x)	y'	y - y'	Nilai (x)	y'	y - y'	Nilai (x)	y'	y - y'
404,1	0,84	406,4	-2,2	0,60	446	-41,8	11,2	421,1	-16,9	1,16	348,7	55,5	0,68	450,8	-46,7	0,85	382	22,2
424,2	0,85	469,4	-45,2	0,71	580,6	-156,4	12,4	494,3	-70,1	1,16	422,4	1,8	0,74	578,7	-154,5	0,86	432,5	-8,3
618,2	0,89	617,8	0,5	0,86	568,1	50,2	16,8	573,7	44,6	1,18	669,7	-51,4	0,82	592,7	25,6	0,90	619,4	-1,2
648,1	0,86	570,4	77,7	0,77	602,3	45,8	15,1	576,2	71,9	1,17	577,3	70,8	0,78	603,7	44,4	0,89	557,3	90,8
359,3	0,88	572,3	-213	0,71	579	-219,6	15,2	576,8	-217,5	1,17	580,7	-221,4	0,74	579,4	-220	0,88	554,3	-195
510,5	0,88	580,5	-70	1,82	-5065,1	5575,6	15,4	579,0	-68,5	1,17	595,7	-85,2	0,81	601,5	-91	0,89	577,6	-67,1
304,6	0,84	405,9	-101,3	0,65	511,5	-206,8	11,2	420,6	-115,9	1,16	348,2	-43,6	0,70	512,5	-207,9	0,85	379,1	-74,5
140,3	0,77	108	32,3	0,57	385,4	-245,1	7,6	83,7	56,5	1,13	145,1	-4,8	0,66	381,2	-241	0,80	147,2	-6,9
Total		-321,2			4801,8			-316			-278,3			-891			-240	
Standar Error Estimasi		131,1			1960,3			128,9			113,6			363,8			97,9	

3.2 Perhitungan Stok Karbon

Berdasarkan model regresi terbaik yang diperoleh, $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$ diketahui bahwa total besaran biomassa hutan di wilayah kajian adalah 11.774.265,67 Ton. Stok karbon hutan pada dasarnya sulit untuk dihitung dengan pasti, terlebih lagi pada wilayah kajian yang luas. Hal ini disebabkan karena kantong karbon bersifat sangat dinamis dalam menyerap, menyimpan dan mengeluarkan karbon. Stok karbon dapat dihitung melalui pendekatan biomassa pohon. Perhitungan stok karbon pada penelitian ini menggunakan asumsi menurut Brown (1996) bahwa setengah dari biomassa adalah kandungan karbon. Dengan demikian faktor konversi yang digunakan dalam mengestimasi stok karbon hutan berdasarkan biomassa adalah 0,5 sehingga nilai estimasi stok karbon hutan Taman Nasional Tesso Nilo Tahun 2013 sebesar 5.887.132,835 Ton.



Gambar 7: Peta Estimasi Stok Karbon TNTN Tahun 2013

Sebaran biomassa dan stok karbon hutan kemudian dikelaskan dan disajikan dalam bentuk peta untuk memudahkan dalam mengetahui persebaran dan dominasi kelas yang ada di wilayah kajian. Berdasarkan peta persebaran biomassa dapat diamati bahwa kelas biomassa yang mendominasi adalah kelas

biomassa 431,01 – 575 Ton/Ha. Dominasi kelas ini menunjukkan bahwa masih terdapat pohon-pohon dengan ukuran yang besar dan memiliki kerapatan tegakan yang cukup tinggi. Peta persebaran estimasi stok karbon hutan memiliki kenampakan yang cenderung sama dengan peta persebaran biomassa namun dengan rentang nilai kelas yang berbeda. Kelas stok karbon hutan yang mendominasi di wilayah kajian adalah kelas stok karbon 215,501 – 287,5 Ton/Ha. Hal ini menunjukkan bahwa hutan Taman Nasional Tesso Nilo masih memiliki potensi stok karbon yang cukup tinggi sehingga perlu dilestarikan keberadaannya agar terhindar dari perambahan hutan di tahun-tahun mendatang.

Tabel 4: Luas Area Kelas Biomassa dan Stok Karbon TNTN tahun 2013

Kelas	Biomassa (Ton/Ha)	Stok Karbon (Ton/Ha)	Luas Area (Ha)
1	< 143	< 71,5	101,34
2	143,01 – 287	71,501 – 143,5	960,12
3	287,01 – 431	143,501 – 215,5	4979,34
4	431,01 – 575	215,501 – 287,5	14829,39
5	> 575	> 287,5	3523,41

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Indeks vegetasi pada citra Landsat 8 cukup baik digunakan untuk mengestimasi biomassa dan stok karbon hutan (tegakan vegetasi) di Taman Nasional Tesso Nilo karena memiliki hubungan yang cukup kuat

serta koefisien determinasi yang cukup tinggi. Pola hubungan antara indeks vegetasi dan biomassa tidak bersifat linier tetapi cenderung non-linier.

2. Model pendugaan biomassa dan stok karbon hutan (tegakan vegetasi) terbaik adalah model logaritmik berdasarkan indeks vegetasi ARVI dengan persamaan $Y = 1048,145 + 4050,848\ln(X)$.
3. Berdasarkan model pendugaan terbaik diketahui biomassa hutan (tegakan vegetasi) di Taman Nasional Tesso Nilo pada tahun 2013 sebesar 11.774.265,67 Ton, sedangkan total stok karbon sebesar 5.887.132,835 Ton

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait biomassa dan stok karbon antara lain :

1. Penggunaan citra dengan resolusi spasial yang lebih detail agar identifikasi jenis hutan dapat semakin detail.
2. Penggunaan persamaan alometrik yang berbeda pada masing-masing jenis vegetasi agar biomassa sampel yang dihasilkan dapat lebih akurat.
3. Penelitian hubungan biomassa dan stok karbon hutan dengan indeks vegetasi lain agar dapat diketahui indeks vegetasi yang memiliki hubungan lebih kuat dan dapat lebih mempresentasikan kondisi biomassa dan stok karbon hutan di lapangan.
4. Pembangunan model pendugaan menggunakan kombinasi variabel indeks vegetasi dengan variabel lain agar memperoleh model yang lebih akurat untuk diterapkan .

DAFTAR PUSTAKA

- Angelsen, Arild. 2009. *Realising REDD+ : National Strategy and Policy Options*. CIFOR: Bogor
- Basuki, T.M., P.E. van Laake, A.K. Skidmore, Y.A. Hussin. 2009. *Allometric Equations For Estimating The Above-Ground in Tropical Lowland Dipterocarp Forests*. Forest Ecology and Management, FORECO-11749.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Hartono. 2008. *SPSS 16.0: Analisis Data Statistika dan Penelitian*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta
- Howard, John A. 1996. *Remote Sensing of Forest Resources: Theory and Application*. (Diterjemahkan oleh Hartono, Dulbahri, Suharyadi, Danoedoro, dan Jatmiko). Chapman & Hall: London.
- Sutaryo, Dandun. 2009. *PENGHITUNGAN BIOMASSA : Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*. Wetlands International Indonesia Programme: Bogor.
- Wibisono, Yusuf. 2005. *Metode Statistik*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.