PENDUGAAN KANDUNGAN KARBON TEGAKAN AKASIA (*Acacia mangium* WILD) BERBASIS BEF DI PT INHUTANI III SEBUHUR KALIMANTAN SELATAN

Estimate the Potential of Carbon in the Standing of Acacia mangium Willd in Areal PT Inhutani III Sebuhur of South Kalimantan

Rinakanti
Jurusan Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *The purpose of this research is to estimate the potential of carbon in the standing of Acacia mangium Willd in Areal PT INHUTANI III Sebuhur of South Kalimantan. The research method of using the ALOS satellite imagery is georectification so that the image position corresponds to the actual position in the field and to see the uniformity of the sample in the NDVI, a descriptive statistical test in the respective NDVI and Klas diameter. Based on the NDVI classification on Citra Alos in 2012, the land area of the wooded area of PT INHUTANI III Sebuhur is 8,183.18 ha. Results Biomass Expansion Factor (BEF) based on 4 klas diameter with polynomial equation Y =-0.0057 X2 + 0.014 x + 1.2623; R ² = 0.9621 is a klas 5 – 10 diameter in the total of 1,272, Klas, 10 – 15 diameter in total 1.263, klas, in diameter 15 – 20 in total 1.258 and Klas > diameter 20 totalnya1,226. The result of total carbon potential in wooded areas of PT INHUTANI III Sebuhur is 31,497.11 ton/Ha, so the average carbon potential of 3.8489 Ton/Ha. Meanwhile, the potential carbon (ton/ha) based on NDVI 2-7 according to the logarithmic equation Y = 4.7925 ln (X)-2.0321; R ² = 0.9167, with Y is the potential carbon ton/ha and X is NDVI Klas is Klas NDVI 2 1.0462 tons/ha, Klas NDVI 3 of 3.7918 tons/ha, Klas NDVI 4 of 4.7479 tons/ha, Klas NDVI 5 of 4.7213 tons/ha, Klas NDVI 6 of 7.0632 tons/ha, and Klas NDVI 7 of 5.2875 ton/ha.*

Keywords*: Carbon Potential; NDVI; Image of the Satelite ALOS; Acacia*

ABSTRAK. Tujuan dari penelitian ini adalah bertujuan untuk menduga potensi karbon pada tegakan *Acacia mangium* Willd Di Areal PT INHUTANI III Sebuhur Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Metode penelitian menggunakan citra satelit ALOS yang dilakukan georektifikasi agar posisi citra sesuai dengan posisi aktual di lapangan dan untuk melihat keseragaman sampel dalam klas NDVI, dilakukan uji statistik deskriptif pada masing-masing klas NDVI dan klas diameter. Berdasarkan klasifikasi NDVI pada Citra Alos tahun 2012, luas areal produktif yang berhutan PT INHUTANI III Sebuhur adalah 8.183,18 ha. Hasil Biomass Expansion Factor (BEF) berdasarkan 4 klas diameter dengan persamaan polinomial Y = -0.0057X2 + 0.014x + 1.2623; R^2 = 0.9621 adalah klas diameter 5 – 10 totalnya 1.272, klas diameter 10 – 15 totalnya 1,263, klas diameter 15 – 20 totalnya 1,258 dan klas diameter > 20 totalnya1,226. Hasil potensi total karbon pada areal berhutan PT INHUTANI III Sebuhur adalah 31,497.11 ton/Ha, sehingga potensi karbon rata-rata 3,8489 Ton/Ha. Sedangkan, potensi karbon (ton/ha) berdasarkan klas NDVI 2-7 menurut persamaan logaritma Y = 4.7925ln(X) - 2.0321; R^2 = 0.9167, dengan Y ialah potensi karbon ton/ha dan X ialah klas NDVI yaitu klas NDVI 2 sebesar 1.0462 ton/ha, klas NDVI 3 sebesar 3.7918 ton/ha, klas NDVI 4 sebesar 4.7479 ton/ha, klas NDVI 5 sebesar 4.7213 ton/ha, klas NDVI 6 sebesar 7.0632 ton/ha, dan klas NDVI 7 sebesar 5.2875 ton/ha.

Kata kunci: Potensi Karbon; NDVI; Citra Satelite ALOS; Akasia

Penulis untuk korespondensi: surel: 345tiktaren@gmail.com

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu isu global yang berkembang pada saat ini dan kehutanan memainkan peran yang sangat penting dalam penanganan masalah ini, karena hutan mempunyai kemampuan menyerap CO2 dari udara dan menyimpannya dalam biomassa hutan. Perubahan iklim ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, khususnya dalam bentuk

karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrous oksida (N_2O). Selain itu terdapat pula gas-gas antara lain NF_3 (Nitrogen triflorida), HFCs (Hydrofluorocarbons), PFCs (Perfluoro carbons), dan SF_6 (Sulphur hexafluoride)**.** Gas-gas ini dapat meneruskan radiasi gelombang pendek yang tidak bersifat panas, tetapi menahan radiasi gelombang-panjang yang bersifat panas. Akibatnya atmosfer bumi makin memanas dengan laju yang setara dengan laju peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer.

Indonesia menjadi negara ke-124 yang meratifikasi Protokol Kyoto yang merupakan sebuah persetujuan sah di mana negara-negara perindustrian akan mengurangi emisi gas rumah kaca mereka. Dengan demikian, Indonesia bersama negara berkembang lain harus mempersiapkan diri menyongsong ajakan stakeholder asing bertransaksi dalam proyek mereduksi emisi atau perdagangan karbon di sektor energi dan kehutanan sebagai dua sektor utama penyokong projek ini. Peluang Indonesia untuk berpartisipasi dalam mereduksi emisi gas rumah kaca dan ikut dalam perdagangan karbon terbuka lebar. Mengingat peran signifikan Indonesia dalam Protokol Kyoto sebagai negara yang memiliki kekayaan hutan terbesar, maka sudah sepantasnya kita menjaga hutan kita sebagai pereduksi emisi karbon. Di sinilah paradigma pembangunan berkelanjutan perlu terus dikampanyekan dan diimplementasikan dalam setiap kegiatan pembangunan.

Biomassa hutan sangat relevan dengan isu perubahan iklim. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer. Oleh karena itu pengukuran terhadap biomassa sangat dibutuhkan untuk mengetahui berapa besar jumlah karbon yang tersimpan di dalam hutan dan pengaruhnya terhadap pemanasan global serta sebagai pendekatan untuk menghitung jumlah karbon yang dapat diperbaharui di atmosfer seandainya dilakukan penanaman pohon. Penelitian ini bertujuan untuk menduga potensi karbon pada tegakan *Acacia mangium* Willd Di Areal PT INHUTANI III Sebuhur Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian tentang Pendugaan Kandungan Karbon Tegakan Akasia (*Acacia mangium* Wild) Berbasis BEF di PT Inhutani III Sebuhur Kalimantan Selatan. Adapun pelaksanaan alokasi waktu penelitian selama 6 bulan, yaitu mulai bulan Januari 2014 hingga bulan Juni 2014 dimulai dari penyusunan proposal, pengumpulan data, analisis data, dan penulisan laporan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pita ukur 50 meter untuk pengukur panjang dan lebar plot, pita ukur keliling untuk mengukur diameter, GPS untuk penentuan koordinat titik pengamatan, ring sample pengambilan tanah utuh, Gergaji dan golok untuk memotong dan memisahkan dari daun, ranting dan batang, Kantong plastik untuk penyimpanan biomassa tumbuhan bawah, Karung untuk pengumpulan biomassa, Lembar rekam (*tally sheet*), mencatat data pengamatan di lapangan, Kamera digital untuk mendokumentasikan proses penelitian, Kalkulator dan komputer pengolah data untuk alat tulis menulis.

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah Tegakan *Acacia mangium* areal PT INHUTANI III Sebuhur Kabupaten Tanah Laut, Citra satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satelite*) dengan resolusi 2,5 m rekaman bulan Juli tahun 2012.

Prosedur penelitian meliputi: (1) Penentuan plot contoh sebelum digunakan citra satelit ALOS dilakukan georektifikasi agar posisi citra sesuai dengan posisi aktual di lapangan. Melihat keseragaman sampel dalam klas NDVI, dilakukan uji statistik deskriptif pada masing-masing klas NDVI dan klas diameter. (2) Pengumpulan data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder; data primer adalah semua data yang dikumpulkan langsung di lapangan. Sedang data sekunder adalah data yang diambil dari hasil penelitian terdahulu; diolah dan digunakan dalam proses perhitungan bersama-sama data primer. (3) Pengolahan data perhitungan volume berdasarkan data hasil inventarisasi plot sampel di lapangan, Penentuan klas

NDVI Untuk menentukan suatu pohon termasuk dalam klas NDVI tertentu, penentuan klas diameter yang digunakan adalah 5 - 10 cm, 10 – 15 cm, 15 – 20 cm dan > 20 cm, Perhitungan biomassa untuk meningkatkan akurasi diupayakan menggunakan BEF yang berasal dari tegakan akasia setempat dengan cara melakukan perhitungan nilai BEF sejumlah pohon contoh yang diambil secara acak yang dipisahkan berdasarkan klas diameter dari seluruh pohon hasil inventarisasi semua blok, Pendugaan karbon untuk menduga kandungan karbon pada seluruh pohon sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Areal Produktif Yang Berhutan Berdasarkan Klasifikasi NDVI Di PT INHUTANI III Sebuhur

Hasil dan analisis penutupan berdasarkan citra satelit ALOS menggunakan klasifikasi NDVI pada areal berhutan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Areal Produktif PT INHUTANI III Sebuhur

KLAS NDVI	NILAI NDVI	TIPE PENUTUPAN	LUAS (ha)
1	< 0.0	Lahan terbuka, Badan air, Awan	1.181,6
2	0 - < 2	Alang-alang, Semak	1.824,7
3	0.2 - <0.25	Belukar Muda	1.309
4	0.25 - <0.35	Belukar Tua	3.048
5	0.35 - <0.45	Hutan Kerapatan Sangat Rendah	1.691,92
6	0.45 - <0.55	Hutan Kerapatan Rendah	297,13
7	>0.55	Hutan Kerapatan Sedang	12,43
J u m l a h (ha)			**9.364,78**

Hasil inventarisasi blok 1-4 menunjukan variasi jumlah pohon yang cukup besar antara blok 1-4 (lihat Tabel 2). Hal ini disebabkan jumlah plot pada setiap blok berbeda. Perbedaan ini disebabkan, pada waktu pelaksanaan inventarisasi terdapat alur yang apabila diteruskan melalui alang-alang, semak atau terdapat lahan yang diakui (diklaim) oleh masyarakat dan tidak diperbolehkan dilakukan inventarisasi. Jumlah pohon dan jumlah plot setiap blok disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Pohon Per Plot.

Blok	Jumlah Plot	Jumlah Pohon	Jumlah Phn/Plot
1	31	107	3.45
2	37	184	4.97
3	208	531	2.55
4	224	990	4.42
Jumlah	500	1812	3.62

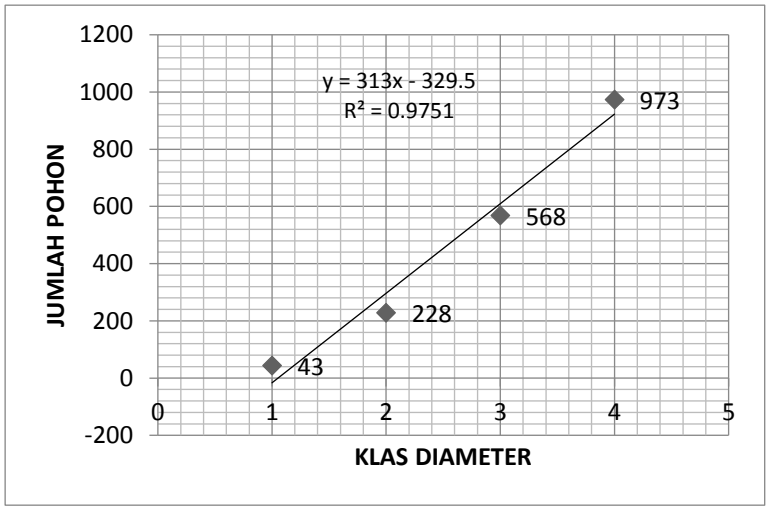
Total jumlah pohon seluruh blok sebanyak 1.812 batang dan rataan jumlah pohon pada setiap plot 3,62 batang. Data secara lengkap hasil inventarisasi tersebut disajikan pada Lampiran 6. Di dalam Lampiran 6 berturut-turut dari kolom 1-7 berisi: Blok, Jalur, Plot, No. Pohon, Jenis, Diameter (DI.cm), Tinggi (TI.cm).

Tidak semua klas NDVI terdapat banyak pohon; klas NDVI 0-2 hanya terdapat 8 pohon dalam semua blok. Jumlah pohon hasil inventarisasi berdasarkan klas NDVI dan klas diameter disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Pohon (btg) Berdasarkan Klas NDVI dan Diameter

KLAS NDVI	KLAS DIAMETER (cm)				JUMLAH PHN (btg)	LUAS (HA)
	5-10	10-15	15-20	>20		
2	1		1	6	8	0.48
3	3	13	56	118	190	2.43
4	18	91	297	539	945	9.81
5	11	77	146	223	457	5.53
6	9	37	60	84	190	1.46
7	1	10	8	3	22	0.14
Jumlah (btg)	43	228	568	973	1812	19.85

Data jumlah pohon di dalam Tabel 2, menunjukan bahwa jumlah pohon berdasarkan kelas diameter terus naik. Hal ini disebabkan klas diameter > 20 cm mempunyai ruang cukup luas dalam range klas diameter yang lebih besar; misalnya klas diameter 20-25 cm; 25-30 cm dan >30 cm. Dengan demikian, semua pohon yang seharusnya dipisah menjadi klas diameter di atasnya tergabung menjadi hanya satu klas yaitu klas diameter > 20 cm. Kondisi tegakan di lapangan kurang baik; di beberapa tempat terdapat tunggak bekas tebangan. Hubungan klas diameter dengan jumlah pohon ditunjukkan melalui Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Klas Diameter Dengan Jumlah Pohon Khusus Hutan Tanaman di PT INHUTANI III Sebuhur

Berdasarkan klas NDVI data jumlah pohon di dalam Tabel 11 jumlah terbanyak pada klas NDVI 4 (belukar tua). Hal ini disebabkan oleh jumlah luas setiap klas NDVI berbeda; luas terbesar terdapat pada klas NDVI 4, diikuti oleh klas NDVI 5. Ini menggambarkan areal berhutan PT INHUTANI tersebut di dominasi oleh belukar tua.

Perhitungan Biomassa Dan BEF

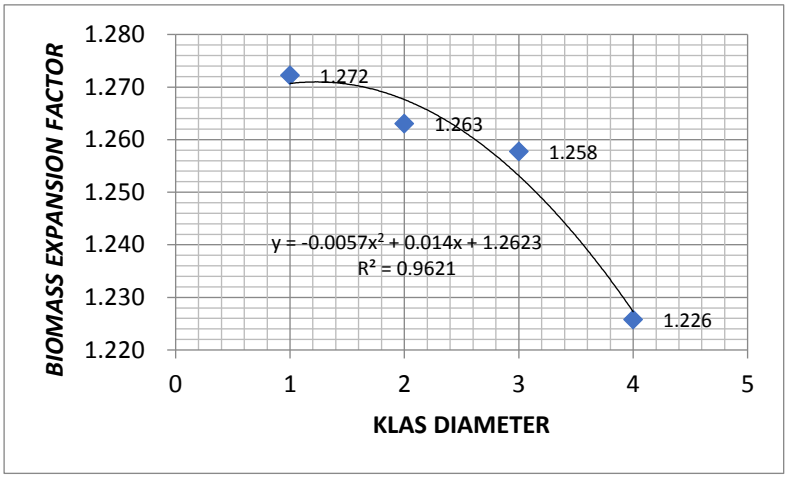
Hasil perhitungan berat biomassa batang (kg) pada 33 batang contoh ada dalam Lampiran 7 kolom 8 dan rekapitulasinya ada pada Tabel 14 kolom 3. Berat biomassa batang (kg) pada Tabel 14 ini dihasilkan dari perkalian antara volume batang dengan angka rataan berat jenis akasia mangium sebesar 0,6 dan nilai BEF. Nilai BEF yang digunakan berdasarkan hasil penelitian Qirom, M. A., dkk. (2012) yang telah diolah menurut klas diameter (Tabel 9).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Biomassa Cabang, Ranting, Daun dan Akar pada 33 Batang Pohon Contoh

No.	Volume batang (m3)	Berat Biomassa Btg. kg	Berat Biomassa Cabang.kg	Berat Biomassa Ranting.kg	Berat Biomassa Daun.kg	Berat Biomassa Akar.kg
1	2	3	4	5	6	7
Klas Diameter 5-10 cm, BEF_{bat}=1.59						
1	0.012	11.448	0.587	0.238	1.406	1.228
2	0.026	24.804	1.161	0.459	2.109	2.595
3	0.024	22.896	1.082	0.429	2.022	2.402
Klas Diameter 10-15 cm, BEF_{bat}=1.34						
1	0.070	56.280	2.780	1.065	3.543	6.768
2	0.074	59.496	2.919	1.117	3.648	7.142
3	0.039	31.356	1.660	0.648	2.608	3.842
4	0.035	28.140	1.509	0.591	2.464	3.460
5	0.073	58.692	2.884	1.104	3.622	7.049
Klas Diameter 15-20 cm, BEF_{bat}=1.16						
1	0.166	115.536	5.950	2.219	5.571	15.612
2	0.19	132.240	6.702	2.488	5.980	17.791
3	0.146	101.616	5.313	1.989	5.209	13.787
4	0.166	115.536	5.950	2.219	5.571	15.612
5	0.146	101.616	5.313	1.989	5.209	13.787
6	0.125	87.000	4.634	1.743	4.802	11.863
7	0.166	115.536	5.950	2.219	5.571	15.612
8	0.111	77.256	4.173	1.576	4.512	10.575
9	0.107	74.472	4.040	1.528	4.426	10.206
10	0.166	115.536	5.950	2.219	5.571	15.612
11	0.21	146.160	7.319	2.709	6.302	19.601
Klas Diameter >20 cm, BEF_{bat}=1.09						
1	0.272	177.888	9.194	3.375	7.217	25.177
2	1.241	811.614	35.025	12.256	15.987	109.397
3	0.889	581.406	26.105	9.231	13.423	79.213
4	1.451	948.954	40.198	13.996	17.352	127.267
5	1.005	657.270	29.084	10.245	14.314	89.196
6	0.593	387.822	18.271	6.544	10.857	53.531
7	1.194	780.876	33.853	11.860	15.667	105.385
8	1.912	1,250.448	51.261	17.693	20.051	166.219
9	1.407	920.178	39.122	13.635	17.074	123.530
10	0.452	295.608	14.383	5.196	9.417	41.161
11	0.439	287.106	14.018	5.069	9.274	40.015
12	0.521	340.734	16.301	5.863	10.145	47.228
13	0.535	349.890	16.687	5.997	10.287	48.456
14	0.309	202.086	10.287	3.762	7.715	28.485

Hasil perhitungan biomassa cabang, ranting, daun dan akar; untuk 33 batang contoh; menggunakan persamaan alometrik yang telah diolah berdasarkan data hasil penelitian terdahulu (persamaan 5-8); secara lengkap ada pada Lampiran 7 kolom 9, 10, 11, 12. Rekapitulasi hasil perhitungan biomassa cabang, ranting, daun dan akar untuk 33 batang contoh tersebut ada pada Tabel 14 kolom 4-7.

Tabel 14 dan Gambar 4 menunjukan bahwa nilai BEF semakin menurun dengan semakin naiknya klas diameter. Hal ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian terdahulu; diantaranya penelitian Qirom, M. A. dkk (2012); klas diameter 5-10 cm rataan nilai BEF-nya 1,59; klas diameter 10-15 cm rataan nilai BEF-nya 1,34.



Gambar 2. Grafik Hubungan Klas Diameter dengan Nilai BEF 33 Pohon Contoh

Penurunan nilai BEF ini disebabkan kondisi biofisik tanaman itu sendiri; semakin besar diameter suatu tanaman semakin banyak akumulasi bahan organik di batang; sedang di bagian lain (cabang, ranting, daun dan akar) akumulasi bahan organiknya lebih sedikit. Dalam proses biologis kecepatan akumulasi bahan organik pada batang lebih cepat dibanding yang terjadi pada akar, cabang, ranting dan daun.

Pendugaan Potensi Karbon di Areal PT INHUTANI III Sebuhur

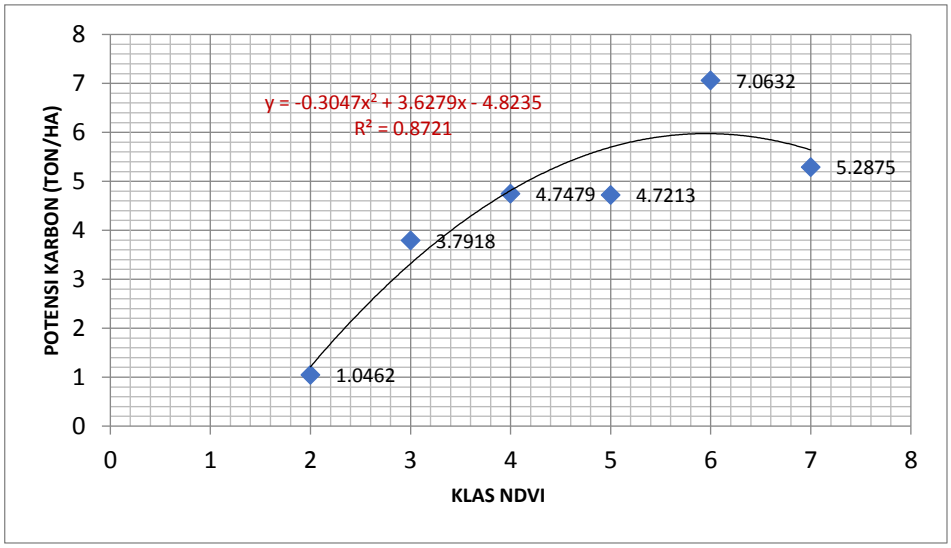
Hasil perhitungan karbon setiap pohon ada pada Lampiran 6 kolom 12 dan rekapitulasi hasil pendugaan karbon menurut klas diameter dan klas NDVI dalam plot sampel ada pada Tabel 16.

Tabel 5. Total Potensi Karbon Pada Semua Pohon Sample Berdasarkan Klas Diameter dan Klas NDVI

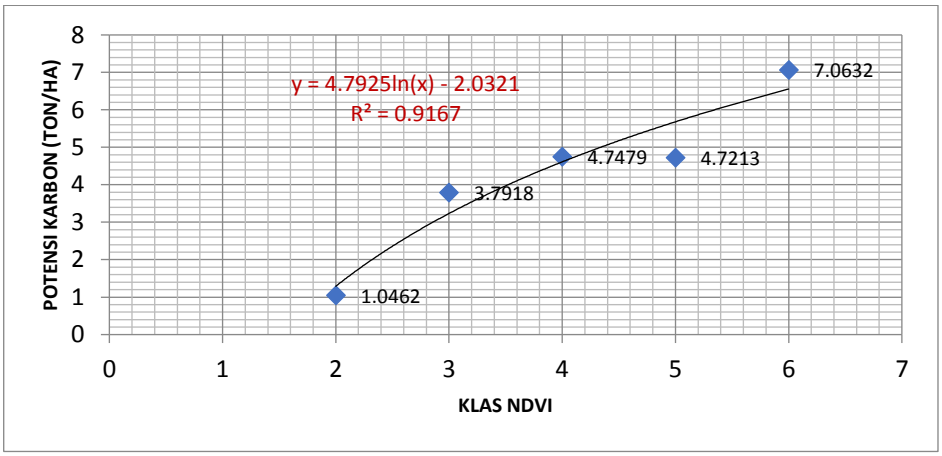
Klas NDVI	Klas Diameter				Jumlah Karbon (ton)
	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	>20 cm	
2	0.0126			0.4938	0.5064
3	0.0211	0.2088	1.6425	7.3530	9.2254
4	0.1477	1.5524	8.3191	36.5534	46.5725
5	0.0953	1.3555	4.4927	20.1560	26.0996
6	0.1112	0.7325	2.3003	7.1542	10.2982
7	0.0133	0.2620	0.2571	0.1972	0.7297
Grand Total	0.4011	4.1112	17.0359	72.1638	93.7121

Angka-angka pada Tabel 16 di atas menunjukan bahwa semakin besar klas diameter semakin basar pula potensi kandungan karbonnya. Hal ini disebabkan selain semakin besar diameter suatu pohon semakin besar akumulasi bahan organiknya, juga disebabkan jumlah pohon yang semakin banyak (lihat Tabel 12 atau Tabel 13).

Bentuk hubungan yang mempunyai nilai R^2 cukup tinggi (di atas 0,90), dicoba tidak menggunakan data klas NDVI 7 (data klas NDVI 7 tidak dimasukan). Hasil disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 3. Grafik Hubungan Potensi Karbon Perhektar dan Klas NDVI 2-7



Gambar 4. Grafik Hubungan Potensi Karbon Perhektar dan Klas NDVI 2-6

Potensi karbon total di areal produktif yang berhutan adalah perkalian antara potensi karbon perhektar (hasil perhitungan dari pohon-pohon sampel 1812 batang) dengan luas areal berhutan yang dipisahkan berdasarkan klas NDVI. Hasil pendugaan potensi karbon total pada seluruh areal berhutan PT INHUTANI III Sebuhur disajikan pada Tabel 18.

Tabel 6. Potensi Karbon Areal Berhutan PT INHUTANI III Sebuhur

KLAS NDVI	AREAL SAMPEL Karbon (ton/ha)	AREAL BERHUTAN Luas (ha)	Total Karbon (ton)
0		1,181.60*)	
2	1.0462	1,824.70	1,909.03
3	3.7918	1,309.27	4,964.45
4	4.7479	3,047.87	14,471.09
5	4.7213	1,691.92	7,988.14
6	7.0632	297.13	2,098.66
7	5.2875	12.43	65.73
J U M L A H		8,183.31	31,497.11

Keterangan : *) tidak ada pohon

Potensi karbon total di areal PT INHUTANI III Sebuhur adalah 31.497,11 ton, dengan luas areal berhutan 8.183,31 ha, sehingga potensi rata-rata sebesar 3,8489 ton/ha.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan klasifikasi NDVI pada Citra Alos tahun 2012, luas areal produktif yang berhutan PT INHUTANI III Sebuhur adalah 8.183,18 ha. Hasil Biomass Expansion Factor (BEF) berdasarkan 4 klas diameter dengan persamaan polinomial Y = -0.0057X2 + 0.014x + 1.2623; R^2 = 0.9621 adalah klas diameter 5 – 10 totalnya 1.272, klas diameter 10 – 15 totalnya 1,263, klas diameter 15 – 20 totalnya 1,258 dan klas diameter > 20 totalnya1,226.

Hasil potensi total karbon pada areal berhutan PT INHUTANI III Sebuhur adalah 31,497.11 ton/Ha, sehingga potensi karbon rata-rata 3,8489 Ton/Ha. Sedangkan, potensi karbon (ton/ha) berdasarkan klas NDVI 2-7 menurut persamaan logaritma Y = 4.7925ln(X) - 2.0321; R^2 = 0.9167, dengan Y ialah potensi karbon ton/ha dan X ialah klas NDVI yaitu klas NDVI 2 sebesar 1.0462 ton/ha, klas NDVI 3 sebesar 3.7918 ton/ha, klas NDVI 4 sebesar 4.7479 ton/ha, klas NDVI 5 sebesar 4.7213 ton/ha, klas NDVI 6 sebesar 7.0632 ton/ha, dan klas NDVI 7 sebesar 5.2875 ton/ha

Saran

Untuk peningkatan keakurasian diperlukan penelitian yang menggunakan range klas lebih banyak tidak hanya sampai klas diameter > 20 cm; tetapi termasuk klas diameter 20-25 cm, 25-30 cm dan > 30 cm.

Selain itu, juga diperlukan lebih banyak sampel pada klas NDVI 7 atau nilai NDVI > 0,55, agar terlihat bahwa semakin tinggi tingkat kehijauan (klas NDVI) menghasilkan semakin besar potensi karbon.

DAFTAR PUSTAKA

Iskandar, M. dkk., 2012. Analisis kerapatan vegetasi menggunakan pengindraan jauh sebagai basis evaluasi kerusakan hutan di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango.

Long, T.T. dkk., 2013. Green Livelihood Access for Central Kalimantan's Inclusive Enviromental Response to Climate Change Glacier. Reference carbon stock level and referenceemission level in Pilang villages.

Lim, H.S., dkk. 2012. Application of a Simple Mono Window Land Surface Temperature Algorithm from Landsat ETM+ Over Al Qassim, Saudi Arabia

Manuri, S., dkk., 2011. Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project – German International Cooperation (MRPP-GIZ).

Purwitasari, H., 2011. Model Persamaan Alometrik Biomassa Dan Massa Karbon Pohon Akasia Mangium (*Acacia mangium* Willd)

Qirom, M.A, dkk., 2012. Evaluasi Penggunaan Beberapa Metode Penduga Biomassa Pada Jenis *Acacia mangium* Willd

Qirom, M.A, dkk., 2012. Aplikasi Citra Alos Palsar Untuk Pendugaan Simpanan Karbon Di Hutan Tanaman Akasia.

Sutaryo, D 2009. Perhitungan Biomassa. Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon.