

Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) pada Tegakan Hutan Alam di Kabupaten Langkat (*The Estimate of Carbon Stocks Above Ground Biomass (AGB) of Natural Forest Stands in Langkat District*)

Maurin Lis Evan Panggabean^{a*}, Rahmawaty^b, Riswan^b

^aProgram Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara Jl. Tri Dharma Ujung No. 1 Kampus USU Medan 20155 (*Penulis Korespondensi, E-mail: lis_evany@yahoo.com)

^bStaf Pengajar Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

Abstract

*Climate change is a direct impact of global warming. An effort to reduce the rate of global warming is to estimate the potential of carbon stored. To find out how potential carbon stored, the estimate approaches of the count can use remote sensing data and measurements in the field (ground check). The study aimed to calculate carbon stocks above ground biomass in natural forest stands in Langkat and mapped the distribution of carbon by using NDVI method. Non destructive method and landscape scale Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method were used in this study. The result showed that the amount of carbon content in above ground biomass in natural forest stands in Bukit Lawang Resort, Tangkahan Resort and Pamah Simelir classified as good, respectively by 213,72 ton/ha, 214,47 ton/ha and 205,99 ton/ha. From the regression equation $y = 168,79 + 69,50 * NDVI$ obtained R^2 value of 53% which showed good correlation between the value in the field of carbon calculations with NDVI values.*

Key words: carbon stock estimate, Above Ground Biomass, natural forest stand.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan dampak langsung dari adanya pemanasan global (*global warming*). Pemanasan global adalah peristiwa meningkatnya suhu bumi yang terkait langsung dengan gas-gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari aktifitas manusia. GRK merupakan suatu istilah untuk kelompok gas yang menjaga suhu permukaan bumi agar tetap hangat. Istilah GRK digunakan karena sistem kerjanya seperti rumah kaca yaitu menahan panas matahari di dalam rumah kaca agar suhu tetap hangat (CIFOR, 2009).

Isu pemanasan global menjadi salah satu fenomena yang mendapat perhatian serius dari berbagai kalangan. Hal ini dikarenakan dampak dari pemanasan global akan sangat besar terhadap perubahan iklim dunia dan kenaikan permukaan air laut. Di lain pihak, sumber daya hutan yang diharapkan menjadi pengendali pemanasan global, kondisinya semakin mengkhawatirkan. Angka kerusakan hutan sudah mencapai total luasan 101,79 juta hektar dengan laju kerusakan mendekati 3,8 juta hektar per tahun (Iskandar dan Nugraha, 2004).

Kerusakan hutan disinyalir disebabkan kuatnya paradigma bahwa hutan adalah kayu (*timber oriented*). Simon (1999) mengungkapkan bahwa pemanfaatan sumberdaya hutan selama ini cenderung masih menitikberatkan pada produk utama berupa kayu, sedangkan produk-produk lainnya khususnya jasa lingkungan belum begitu banyak mendapat perhatian. Oleh sebab itu, perlu dilakukan suatu upaya pengelolaan hutan yang memberikan manfaat di luar dari kayu. Salah satunya adalah melakukan pendugaan potensi karbon tersimpan yang merupakan jasa lingkungan dalam menyerap CO₂ dan

menyimpannya dalam bentuk karbon (C) sehingga dapat mengurangi laju pemanasan global.

Hutan alam memiliki banyak fungsi seperti pelestarian plasma nutfah, pengatur tata air maupun sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Hutan alam merupakan penyimpan karbon tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan pertanian (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Hutan alam merupakan penyimpan karbon tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan pertanian, dikarenakan keragaman pohonnya yang tinggi, dengan tumbuhan bawah dan serasah di permukaan tanah yang banyak. Hal tersebut dapat diimbangi dengan tanaman atau pohon berkayu berumur panjang yang tumbuh maupun ditanam di hutan milik dengan pola agroforestri yang dapat menyimpan karbon jauh lebih besar daripada tanaman semusim (Kurniyawan *et al.*, 2010).

Kabupaten Langkat memiliki hutan alam seperti kawasan Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL) yang memiliki keanekaragaman jenis pohon yang tinggi dan tentunya memiliki cadangan karbon tersimpan yang cukup besar. Tetapi perhitungan nilai cadangan karbon pada tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat selama ini belum ada. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan informasi dan data mengenai kandungan karbon yang tersimpan di kawasan hutan alam tersebut sehingga diperoleh pula peta sebaran nilai cadangan karbon tersebut. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kawasan hutan alam TNGL dan hutan alam di luar kawasan TNGL. Untuk mengetahui seberapa potensi karbon yang tersimpan, maka dilakukan pendekatan pendugaan dalam menghitungnya melalui pemanfaatan data penginderaan jauh dan pengukuran di lapangan (*ground check*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung cadangan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat dan untuk memetakan sebaran karbon tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat dengan menggunakan metode NDVI.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di wilayah hutan alam yang terletak di Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, yaitu di dalam kawasan Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL) Resort Bukit Lawang dan Resort Tangkahan dan di luar kawasan TNGL. Kegiatan analisis data dilakukan di Laboratorium Manajemen Hutan Terpadu, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2012.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Global Position System (GPS), pita ukur, tali plastik, kompas, parang, kamera digital, alat tulis, software Arcview 3.3, software ERDAS imagine 8.5, dan citra Landsat.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tegakan di hutan alam yang tersebar di Kabupaten Langkat, yaitu hutan alam di kawasan Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL) yang terdiri dari Resort Tangkahan dan Resort Bukit Lawang, hutan alam di luar kawasan TNGL, dan citra satelit.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *non destructive* dengan menggunakan persamaan allometrik dan metode skala lanskap (NDVI).

Metode *non destructive* adalah metode perhitungan biomassa tanpa melakukan perusakan/penebangan pada pohon yang akan diukur diameter dan tingginya. Perhitungan biomassa dengan metode ini dilakukan dengan menggunakan rumus allometrik.

Metode skala lanskap (NDVI) adalah metode pendugaan cadangan karbon dengan menggunakan bantuan citra satelit. Melalui citra akan diketahui nilai NDVI di setiap lokasi penelitian dan akan dihubungkan dengan nilai biomassa hasil pengukuran di lapangan sehingga diperoleh peta sebaran cadangan karbon di lokasi penelitian.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi kegiatan pengumpulan data dan kegiatan analisis data dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini ada dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diambil langsung ke lapangan dengan survey langsung sebaran hutan alam di Kabupaten Langkat.

Data ini diperoleh dengan mengambil koordinat titik dengan menggunakan GPS.

Data sekunder dikumpulkan dari data yang ada sebelumnya, baik data yang dikeluarkan oleh instansi terkait, penelitian sebelumnya maupun literatur pendukung lainnya, termasuk peta penutupan lahan.

2. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan agar diperoleh hasil berupa nilai cadangan karbon di hutan alam dan peta sebaran cadangan karbon di hutan alam.

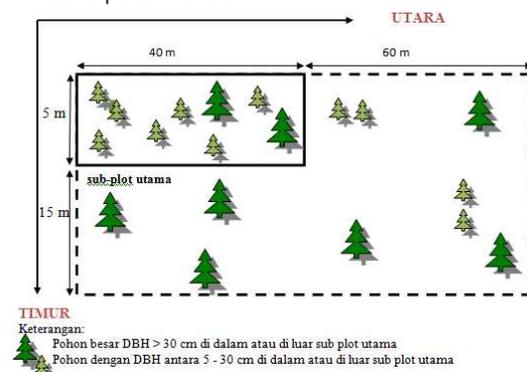
Nilai cadangan karbon di hutan alam dapat diperoleh melalui tahapan *subset image* Kabupaten Langkat untuk memperoleh peta tutupan lahan di Kabupaten Langkat, kemudian dilakukan pengecekan di lapangan dengan pembuatan plot-plot pengukuran sampel. Data hasil pengukuran pada setiap plot selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus allometrik untuk menghitung biomassa pohon. Setelah itu dilakukan perhitungan cadangan karbon.

Peta sebaran cadangan karbon dapat diperoleh melalui tahapan perhitungan nilai NDVI pada citra, kemudian dibuat persamaan regresi linear untuk mengetahui korelasi antara nilai cadangan karbon yang telah dihitung sebelumnya dengan nilai NDVI pada citra. Setelah itu dilakukan perhitungan cadangan karbon berdasarkan persamaan regresi yang terbentuk, dan akan diperoleh peta sebaran cadangan karbon berdasarkan nilai NDVI.

Pembuatan Plot pada Areal Sebaran

Plot ini dibuat untuk pengambilan data sampel di lapangan. Jumlah plot yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah 4 plot pada setiap lokasi. Menurut Hairiah, *et al.* (2011), prosedur untuk melakukan pembuatan plot adalah sebagai berikut:

- Dibuat plot dengan ukuran 100m x 20m jika dalam lahan yang diamati terdapat pohon besar (diameter batang lebih dari 30 cm atau lingkaran batang lebih dari 95 cm).
- Dibuat sub plot utama dengan ukuran 40m x 5m untuk pengukuran cadangan karbon di hutan alami. Pohon yang diukur adalah pohon dengan diameter 5 cm hingga 30 cm atau lingkaran batang 15cm – 95cm. Bentuk dari plot yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot pengambilan sampel

Setelah dilakukan pembuatan plot maka selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data sampel dengan langkah sebagai berikut:

- Dicatat nama lokal dan/atau nama latin (jika dapat diketahui) dari tanaman yang akan diukur.
- Diukur diameter (DBH) atau lingkar batang dan tinggi pohon yang ada di dalam plot dan sub plot utama.
- Dihitung biomassa pohon menggunakan persamaan allometrik terpilih berikut ini:

$$Y = 0,0509 \times \rho \times \text{DBH}^2 \times T$$

Keterangan:

Y = biomassa total (kg)
 DBH = diameter setinggi dada
 ρ = berat jenis kayu (gr/cm³)
 T = tinggi (m)

Untuk penghitungan biomassa di hutan alam menggunakan rata-rata berat jenis kayu sebesar 0,68 gr/cm³ (Rahayu *et al.*, 2006).

Penggunaan persamaan tersebut didasarkan pada wilayah iklim lokasi penelitian yang memiliki curah hujan 2000-3200 mm/tahun dan tergolong kategori iklim lembab (curah hujan 1500-4000 mm/tahun).

- Dijumlahkan data biomassa semua tegakan yang diperoleh pada suatu lahan, baik yang berukuran besar maupun kecil, sehingga diperoleh total biomassa tanaman per lahan (kg/luasan lahan).
- Biomassa per hektar dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n W_{pi}}{A} \times 10.000$$

Keterangan :

W : Total biomassa (ton/ha)
 W_{pi} : Biomassa pohon (ton)
 A : Luas plot (m²)
 n : Jumlah pohon

Pendugaan Cadangan Karbon

- Kandungan karbon dalam vegetasi hutan dapat diduga dari biomassa hutan, dengan persamaan:
 $Y = W \times 0.5$ (Brown *et al.*, 1996).

Keterangan :

Y : Kandungan karbon diatas permukaan tanah (ton/ha)
 W : Total biomassa per hektar (ton/ha)

- Diambil beberapa titik dengan menggunakan GPS pada hutan alam untuk pengambilan titik plot.
- Data dari GPS tersebut diolah ke dalam software Arcview 3.3 untuk diketahui penyebarannya dan didukung dengan citra landsat yang bertujuan untuk melihat tutupan lahan pada hutan alam.
- Data dari Citra selanjutnya akan diolah ke dalam software ERDAS Image 8.5 untuk dilakukan pengklasifikasian terhadap citra tersebut (Metode NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band NIR} - \text{Band R}}{\text{Band NIR} + \text{Band R}}$$

Keterangan:

NIR = infra-merah dekat
 R = merah

NDVI berkisar antara -1 sampai 1

NDVI = -1 berarti air (makin negatif makin dalam)

NDVI = 0 berarti tanah gundul

NDVI = 1 berarti hijau (lebat)

Band NIR = TM4, TM5 (Landsat-TM), Xs3 (SPOT)

Band R = TM1, TM2, TM3 (Landsat-TM), Xs1, Xs2 (SPOT)

- Ditentukan hubungan/korelasi antara nilai karbon dengan nilai NDVI dengan membuat suatu persamaan regresi linear sederhana yaitu $y = a + bx$, yang dapat diperoleh dari rumus Walpole (1992):

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Keterangan: x = nilai NDVI

y = nilai karbon

Setelah itu, analisis korelasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan uji korelasi Pearson berikut:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi

n = jumlah plot sampel

x = nilai NDVI

y = nilai karbon

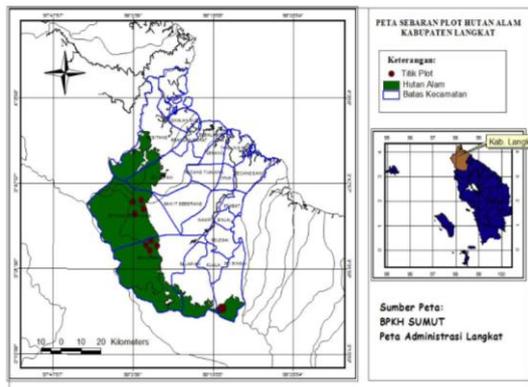
- Diperoleh peta penyebaran cadangan karbon pada tegakan hutan alam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari kegiatan pengambilan data diameter dan tinggi tegakan, terdapat beberapa jenis tegakan di dalam setiap plot pengukuran. Jenis-jenis tegakan yang dijadikan sampel di setiap lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Letak plot pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Jenis tegakan pada plot pengukuran di setiap lokasi penelitian

No	Lokasi	Jenis Tegakan	
		Nama Lokal	Nama Latin
1	Resort Bukit Lawang	Pakam	<i>Canarium sp.</i>
		Petaling	<i>Trichosonces pedatifolia</i>
		Kandis	<i>Garcinia parvifolia</i>
		Kecing Bunga	<i>Lithocarpus elegans</i>
		Kecing Batu	<i>Quercus subsericea</i>
		Medang Semut	<i>Cinnamomum sp.</i>
		Meranti Merah	<i>Shorea leprosula</i>
		Kelat	<i>Syzygium sp.</i>
		Kayu Hitam	<i>Diospyros celebica</i>
		Keruing	<i>Dipterocarpus sp.</i>
		Cengal	<i>Hopea sangal</i>
Damar Laut	<i>Shorea macroptera</i>		
2	Resort Tangkahan	Leba Manuk	<i>Eurya sp.</i>
		Cengal	<i>Hopea sangal</i>
		Mayang	<i>Palaquium sp.</i>
		Rambe	<i>Baccaurea kunstleri</i>
		Damar	<i>Aghatis alba</i>
		Merbau	<i>Instia bijuga</i>
		Meranti	<i>Shorea sp.</i>
		Pakam	<i>Canarium sp.</i>
		Rambutan Hutan	<i>Nephelium lipoaceum</i>
		Arang-arang	<i>Diospyros lanceifolia</i>
		Langsat Lotung	<i>Aglaia latifolia</i>
3	Pamah Simelir	Mahang Tekukur	<i>Macaranga triloba</i>
		Manggis	<i>Garcinia mangostana</i>
		Kelat Jambu	<i>Eugenia grandis</i>
		Keruing	<i>Dipterocarpus sp.</i>
		Kayu Manis	<i>Cinnamomum burmanii</i>
		Meranti	<i>Shorea sp.</i>
		Beringin Hutan	<i>Ficus sp.</i>
		Kecing Batu	<i>Quercus subsericea</i>
		Medang	<i>Cinnamomum sp.</i>
		Rambe	<i>Baccaurea kunstleri</i>
		Damar	<i>Aghatis alba</i>



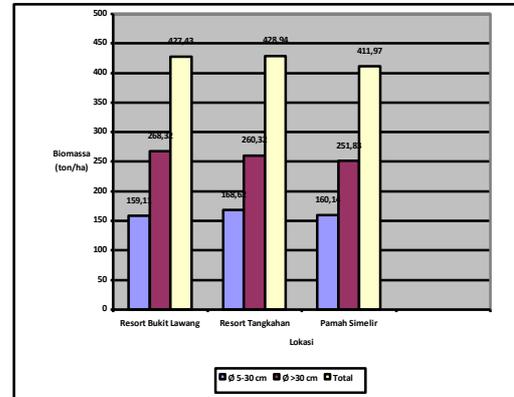
Gambar 2. Peta sebaran plot pengambilan sampel

A. Biomassa Tegakan

Untuk mengetahui nilai kandungan karbon dapat dilihat melalui biomassa pohon. Biomassa tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara dihitung dengan menggunakan persamaan allometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya yaitu persamaan $Y = 0,0509 \times \rho \times DBH^2 \times T$. Dalam persamaan allometrik ini komponen atau dimensi organ pertumbuhan pohon yang diperlukan adalah diameter dan tinggi, dan sebagai penunjang dari keakuratan dalam perhitungan biomassa diperlukan pula informasi mengenai berat jenis kayu. Untuk menghitung biomassa dalam penelitian ini digunakan berat jenis kayu rata-rata $0,68 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Rahayu *et al.* (2006) dalam penelitian Samsuedin *et al.* (2009) bahwa untuk penghitungan

biomassa di hutan alam menggunakan rata-rata berat jenis kayu sebesar $0,68 \text{ gr/cm}^3$.

Dalam penelitian ini tegakan yang dihitung potensi biomasanya dibagi menjadi 2 kelas diameter, yaitu kelas diameter 5 - 30 cm dan kelas diameter 30 cm ke atas. Hasil perhitungan biomassa tegakan dalam penelitian ini dapat disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Biomassa tegakan pada dua kelas diameter

Gambar 3 menunjukkan bahwa biomassa yang terkandung pada tegakan di hutan alam Resort Bukit Lawang adalah sebesar 427,43 ton/ha. Besaran tersebut terdiri dari biomassa tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm sebesar 159,11 ton/ha, dan biomassa tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas sebesar 268,32 ton/ha. Untuk Resort Tangkahan, nilai biomassa yang terkandung pada tegakan adalah sebesar 428,94 ton/ha. Di mana untuk tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm terdapat 168,62 ton/ha, dan untuk tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas terdapat 260,32 ton/ha. Biomassa yang terkandung pada tegakan di hutan alam Pamah Simelir adalah sebesar 411,97 ton/ha, yang terdiri dari biomassa tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm sebesar 160,14 ton/ha, dan biomassa tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas sebesar 251,83 ton/ha.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai biomassa tegakan kelas diameter 30 cm ke atas lebih besar dibandingkan nilai biomassa tegakan kelas diameter 5 - 30 cm di setiap lokasi penelitian. Perbedaan nilai biomassa ini dipengaruhi oleh diameter dan tinggi tegakan. Semakin besar diameter maka nilai biomassa akan semakin meningkat.

Hairiah dan Rahayu (2007) mengatakan, tumbuhan atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun kebun campuran (agroforestri) merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan biomassa yang jauh lebih besar dari pada tanaman semusim. Oleh karena itu, hutan alami dengan keragaman jenis pepohonan berumur panjang dan serasah yang banyak merupakan gudang penyimpanan biomassa tertinggi (baik diatas maupun di dalam tanah).

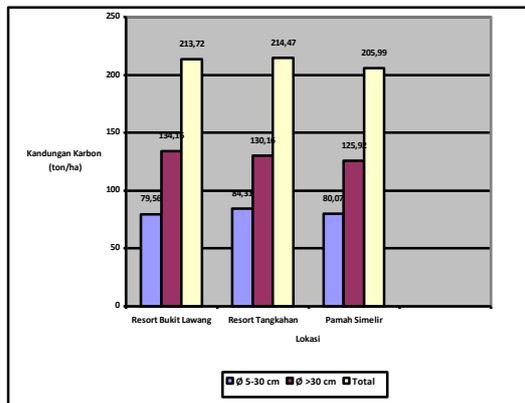
Persamaan allometrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan yang dibuat oleh Chave *et al.* tahun 2005. Persamaan ini digunakan dalam penelitian Potensi Biomassa Karbon Hutan Alam

dan Hutan Bekas Tebangan Setelah 30 Tahun di Hutan Penelitian Malinau Kalimantan Timur (Samsuedin *et al.*, 2009) yang dibandingkan dengan persamaan Brown tahun 1997. Persamaan Brown (1997) hanya menggunakan satu parameter yaitu DBH saja, sedangkan persamaan Chave *et al.* (2005) sudah melibatkan parameter berat jenis kayu, DBH, dan tinggi tanaman sehingga akurasi persamaan Chave *et al.* (2005) dalam estimasi biomassa menjadi lebih baik. Selain itu persamaan Brown (1997) memiliki nilai keterhandalan model sebesar 84% dan persamaan Chave *et al.* (2005) sebesar 99%.

B. Kandungan Karbon Tegakan

Untuk menghitung kandungan karbon tersimpan, dilakukan dengan memperkirakan bahwa biomassa tegakan mengandung 50% karbon. Maka persamaan yang digunakan untuk menghitung kandungan karbon dalam penelitian ini adalah persamaan Brown *et al.* (1996) yaitu $Y = W * 0.5$.

Hasil perhitungan kandungan karbon tegakan dalam penelitian ini dapat disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Kandungan karbon tegakan pada dua kelas diameter

Gambar 4 menunjukkan bahwa untuk setiap hektar luas kawasan Resort Bukit Lawang terdapat karbon tersimpan pada tegakan sebesar 213,72 ton/ha. Untuk tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm terdapat 79,56 ton/ha, dan untuk tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas terdapat 134,16 ton/ha. Untuk Resort Tangkahan, kandungan karbon pada tegakan adalah sebesar 214,47 ton/ha yang terdiri dari kandungan karbon pada tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm sebesar 84,31 ton/ha, dan kandungan karbon pada tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas sebesar 130,16 ton/ha. Kandungan karbon pada tegakan di hutan alam Pamah Simelir adalah sebesar 205,99 ton/ha. Besaran tersebut terdiri dari kandungan karbon tegakan dengan kelas diameter 5 - 30 cm sebesar 80,07 ton/ha, dan kandungan karbon tegakan dengan kelas diameter 30 cm ke atas sebesar 125,92 ton/ha.

Dari penelitian ini diperoleh nilai kandungan karbon pada tegakan hutan alam di Kabupaten Langkat berkisar antara 205,99 ton/ha sampai 214,47 ton/ha. Nilai kandungan karbon ini tergolong baik. Hal

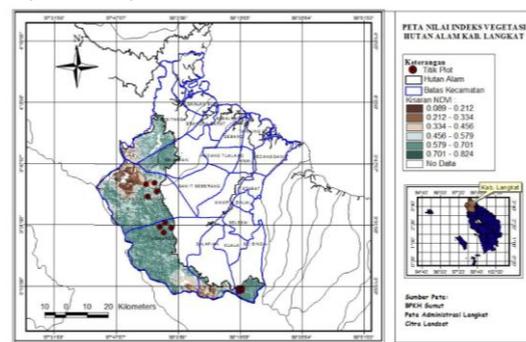
ini sesuai dengan pernyataan dari Rahayu *et al.* (2006) bahwa besarnya kandungan karbon di hutan Indonesia umumnya berkisar dari 161 ton/ha sampai dengan 300 ton/ha.

Nilai karbon tersimpan menyatakan banyaknya karbon yang dapat diserap oleh tumbuhan dan disimpan dalam bentuk biomassa. Jumlah emisi karbon yang semakin meningkat pada saat ini harus diimbangi dengan jumlah serapannya oleh tumbuhan guna menghindari pemanasan global. Dengan demikian dapat diramalkan banyaknya tumbuhan yang harus ditanam pada suatu lahan untuk mengimbangi jumlah gas emisi karbon yang terbebas di udara.

Pada setiap ekosistem jumlah karbon yang terkandung di dalamnya berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan keanekaragaman dan kompleksitas komponen yang menyusun ekosistem tersebut. Pohon-pohon berdiameter besar dan berumur panjang yang tumbuh di hutan merupakan penyimpan CO₂ yang jauh lebih besar dibandingkan dengan tanaman semusim. Oleh karena itu, hutan alami dengan keanekaragaman jenis pohon yang berumur panjang merupakan tempat penyimpanan CO₂ terbesar. Bila hutan diubah fungsinya menjadi lahan-lahan pertanian atau perkebunan, maka jumlah CO₂ yang tersimpan akan merosot. Untuk menjaga lingkungan agar tetap bersih, maka harus dilakukan pengendalian jumlah CO₂ di udara. Hal ini dapat dilakukan dengan cara meningkatkan penyerapan CO₂ oleh tanaman dan menekan pelepasan (emisi) CO₂ ke udara.

C. Hubungan Indeks Vegetasi (NDVI) dengan Nilai Kandungan Karbon

Nilai NDVI memiliki hubungan terhadap keberadaan vegetasi di permukaan bumi dan dapat digunakan untuk menunjukkan kondisi vegetasi. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1. Nilai NDVI yang rendah (negatif) menunjukkan tingkat vegetasi yang rendah seperti awan, air, tanah kosong, bangunan, dan unsur non-vegetasi lainnya. Sedangkan nilai NDVI yang tinggi (positif) menunjukkan tingkat vegetasi hijau yang tinggi. Jadi, nilai indeks vegetasi yang lebih besar menunjukkan semakin tingginya tingkat kesuburan penutupan vegetasi. Kisaran nilai NDVI yang dihasilkan dalam peta nilai indeks vegetasi adalah 0,089 hingga 0,824. Peta sebaran NDVI dalam lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta nilai indeks vegetasi hutan alam

Hubungan antara nilai kandungan karbon dengan nilai NDVI dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan nilai karbon dan nilai NDVI di setiap lokasi penelitian

No	Lokasi	Plot	Nilai Kandungan Karbon (Y)	Nilai NDVI (X)
1	Resort Bukit Lawang	I	217,18	0,68
		II	211,87	0,67
		III	203,68	0,56
		IV	222,13	0,71
2	Resort Tangkahan	I	210,85	0,59
		II	226,61	0,73
		III	210,69	0,58
		IV	209,72	0,43
3	Pamah Simelir	I	200,34	0,54
		II	204,82	0,61
		III	201,55	0,57
		IV	217,23	0,69

Analisis regresi nilai karbon dan nilai NDVI dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis regresi nilai karbon dan nilai NDVI

No.	X (Nilai NDVI)	Y (Nilai Karbon)	X.Y	X ²	Y ²
1	0,68	217,18	147,68	0,46	47.167,15
2	0,67	211,87	141,95	0,45	44.888,90
3	0,56	203,68	114,06	0,31	41.485,54
4	0,71	222,13	157,71	0,50	49.341,74
5	0,59	210,85	124,40	0,35	44.457,72
6	0,73	226,61	164,47	0,53	51.352,09
7	0,58	210,69	122,20	0,34	44.390,28
8	0,43	209,72	90,18	0,18	43.982,48
9	0,54	200,34	108,18	0,29	40.136,12
10	0,61	204,82	124,94	0,37	41.951,23
11	0,57	201,55	114,88	0,32	40.622,40
12	0,69	217,23	149,89	0,48	47.188,87
Jumlah (Σ)	7,36	2536,67	1560,56	4,59	536964,52
Rata-rata	0,61	211,39			

Dari Tabel 2 dan 3 di atas dapat dibuat suatu persamaan regresi linear sederhana untuk melihat hubungan antara nilai karbon dengan nilai NDVI yaitu $y = a + bx$, yang dapat diperoleh dari rumus:

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Keterangan: x = nilai NDVI

y = nilai karbon

Dari rumus di atas diperoleh nilai a sebesar 168,79 dan nilai b sebesar 69,50 sehingga persamaan yang dihasilkan yaitu $y = 168,79 + 69,50x$. Persamaan regresi ini menunjukkan bahwa nilai koefisien regresi bernilai positif. Hal ini berarti nilai karbon dan nilai NDVI berbanding lurus atau semakin meningkat nilai karbon maka semakin meningkat pula nilai NDVI dan demikian sebaliknya.

Analisis korelasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan uji korelasi Pearson berikut:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan:

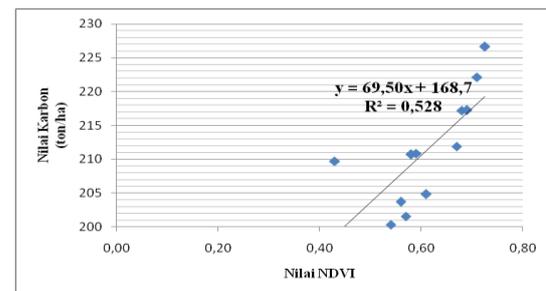
r = koefisien korelasi

n = jumlah plot sampel

x = nilai NDVI

y = nilai karbon

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan uji korelasi Pearson di atas diperoleh nilai r sebesar 0,73. Nilai R² dari hubungan nilai karbon dan nilai NDVI adalah 53%. Hubungan nilai karbon dengan nilai NDVI dengan menggunakan persamaan regresi linear dapat dilihat pada Gambar 6.

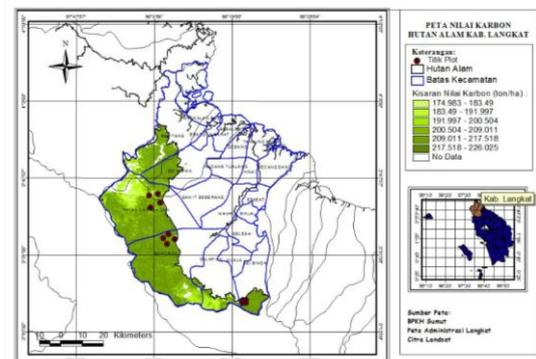


Gambar 6. Hubungan nilai karbon dengan nilai NDVI dengan persamaan regresi linear

Nilai R² merupakan nilai yang menunjukkan tingkat korelasi antara variabel yang dihubungkan, dalam hal ini nilai karbon dan nilai NDVI. Dengan demikian, semakin besar nilai R² menunjukkan bahwa korelasi antara nilai karbon dengan nilai NDVI semakin baik. Young (1982) dalam Rakhmawati (2012) menyatakan bahwa jika nilai koefisien R² ≥ 0,4 menunjukkan hubungan yang kuat.

Dengan diperoleh nilai R² sebesar 53%, hal ini berarti besarnya nilai karbon di lapangan 53% dapat ditentukan oleh nilai NDVI melalui persamaan regresi $y = 168,79 + 69,50x$. Sisanya 47% ditentukan oleh faktor lain.

Nilai karbon yang diperoleh melalui persamaan regresi tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta nilai karbon hutan alam Kabupaten Langkat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Besarnya kandungan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan hutan alam di Resort Bukit Lawang, Resort Tangkahan dan Pamah Simelir tergolong baik yaitu masing-masing sebesar 213,72 ton/ha, 214,47 ton/ha dan 205,99 ton/ha.
2. Pemetaan sebaran cadangan karbon melalui analisis citra Landsat dapat dilakukan menggunakan model persamaan regresi $y = 168,79 + 69,50 * NDVI$ yang menunjukkan korelasi yang kuat antara nilai kandungan karbon di lapangan dengan nilai NDVI.

Saran

Pihak pengelola maupun seluruh masyarakat perlu menjaga kelestarian hutan alam di Kabupaten Langkat agar terjaga keseimbangan ekosistem hutan alam yang sangat berperan penting dalam penurunan emisi karbon. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan citra satelit selain citra Landsat yang memiliki tingkat ketelitian yang berbeda agar diperoleh hasil yang lebih akurat, dan dapat dijadikan sebagai perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S., J. Sathaye., M. Canel and P. Kauppi. 1996. *Mitigation of Carbon Emission to the Atmosphere by Forest Management*. Commonwealth Forestry Review 75 : 80-91.
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest*. Forestry Paper 134. FAO. USA.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D. 2005. *Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks*. Oecologia : 87-99.
- CIFOR. 2009. *Pedoman CIFOR Tentang Hutan, Perubahan Iklim dan REDD*. Bogor: CIFOR.
- Hairiah, K., Rahayu S. 2007. *Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Indonesia. 77p.
- Hairiah, K., A. Ekadinata, R. Ratna Sari, dan S. Rahayu. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. Edisi Ke 2. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia xx p.
- Iskandar, U dan Nugraha, A. 2004. *Politik Pengelolaan Sumber Daya Hutan : Isue dan Agenda Mendesak*. Debut Press. Yogyakarta.
- Kurniyawan, A., S. Yuni Indriyanti, Robianto Felani, dan Ahmad Rojikin. 2010. *Pendugaan Potensi Karbon Tersimpan pada Tegakan Meranti0020Penghasil Tengkawang dalam Rangka Eksplorasi Manfaat Bagi Masyarakat Lokal atas Jasa Lingkungan*. Kementerian Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Balai Besar Penelitian Dipterokarpa. Samarinda.
- Rahayu, S., B. Lusiana, dan M. Van Noordwijk. 2006. *Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur*. Laporan Tim Proyek Pengelolaan Sumberdaya Alam untuk Penyimpanan Karbon (FORMACS). World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Rakhmawati, M. 2012. *Pemanfaatan Citra Landsat untuk Estimasi Biomassa Atas Permukaan dari Berbagai Penutupan Lahan dengan Pendekatan Indeks Vegetasi*. IPB. Bogor.
- Samsuudin, I., I Wayan Susi Dharmawan, dan Chairil Anwar Siregar. 2009. *Potensi Biomassa Karbon Hutan Alam dan Hutan Bekas Tebangan Setelah 30 Tahun di Hutan Penelitian Malinau Kalimantan Timur*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol. VI No. 1:47-56.
- Simon, H. 1999. *Pengelolaan Hutan Bersama Rakyat : Teori dan Aplikasi pada Hutan Jati di Jawa*. Bigrاف Publishing. Yogyakarta.