

Pendugaan Cadangan Karbon Above Ground Biomass (AGB) pada Tegakan Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kabupaten Langkat **(The Estimate of Carbon Stocks Above Ground Biomass (AGB) on Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Stands in Langkat District)**

Kepler Dopler Purba^a, Rahmawaty^b, Riswan^b

Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara Jl. Tri Darma Ujung No. 1 Kampus USU Medan 20155 (*Penulis Korespondensi, E mail: kepsseven@yahoo.co.id)

Abstract

*Palm Oil Plant a CO₂ absorber as well as other crops such as forest plants. Langkat District is one of the areas that have a high oil commodity. Research on AGB estimates carbon stocks in standing palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Langkat conducted in July through September 2012. This study uses Allometric that calculate carbon stocks in standing palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Associated with the value of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Largest carbon stocks contained in the 14-year-old stands of oil reserves by 68.84 tonnes carbon / ha and the smallest carbon stocks contained in the 3-year old palm stands by the number of carbon reserves 19.20 tonnes / ha. Vegetation index can be calculated by the model equation $Y = 38.39 + 26.24 \times NDVI$ on Landsat imagery. NDVI has a positive relationship with the value of the field in which the R^2 of the resulting equation is equal to 49% of the stands of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.).*

*Keywords: Carbon stock estimate, Above Ground Biomass, Palm Stands, *Elaeis guineensis* Jacq.*

PENDAHULUAN

Masalah kesnaikan temperatur atmosfer bumi yang lebih dikenal sebagai pemanasan global (*global warming*) menjadi perhatian dan keprihatinan masyarakat dunia. Pemanasan global menyebabkan iklim global (*global climated*) seperti anomaly iklim, banjir, dan kekeringan. Pemanasan global disebabkan meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (*green house glass*) di atmosfer bumi yang melampau konsentrasi alamiahnya.

Gas CO₂ sebagai salah satu penyusun GRK terbesar di udara mampu diserap oleh pohon melalui proses fotosintesis dan diubah menjadi C-organik dalam bentuk biomassa (Hairiah dan Rahayu 2007). Informasi tentang kandungan karbon suatu vegetasi atau tegakan hutan dapat diperoleh dengan menduga biomassa vegetasi tersebut. Menurut Brown (1997), hampir 50% dari biomassa suatu vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon. Oleh karena itu, perlu diketahui teknik pendugaan biomassa.

Salah satu upaya pengurangan gas rumah kaca adalah adanya pohon atau tanaman penyerap karbon. Di Sumatera Utara khususnya di Kabupaten Langkat memiliki potensi yang sangat besar terutama perkebunan kelapa sawit. Kabupaten Langkat merupakan salah satu wilayah yang memiliki komoditi sawit yang cukup tinggi. Seiring dengan berkembangnya dan makin luasnya perkebunan di Kabupaten ini maka diperlukan suatu informasi teknis tentang cadangan karbon pada perkebunan di kelapa sawit, dimana diketahui bahwa tanaman kelapa sawit merupakan penyerap CO₂ sama dengan tumbuhan lain seperti tanaman kayu hutan. Hasil penelitian Henson (1999) mengungkapkan bahwa dalam proses fotosintesis (assimilasi) kelapa sawit menyerap sekitar 161 ton CO₂ per hektar per tahun. Bila dikurangi CO₂ yang diserap dalam proses respirasi, maka secara

netto kebun kelapa sawit menyerap CO₂ sebesar 64,5 ton CO₂ per hektar per tahun. Hal yang menarik adalah penyerapan netto CO₂ dari kelapa sawit tersebut yang telah melampaui kemampuan hutan hujan tropis yang secara netto menyerap CO₂ sebesar 42,4 ton CO₂ ha per tahun.

Pendugaan cadangan carbon dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu metode allometrik dan metode *destructive*. Pada penelitian ini, penggunaan metode *destructive* menjadi kurang efisien karena membutuhkan waktu yang lama, biaya yang besar dan sulit dilakukan pada lokasi yang tidak mudah terjangkau. Teknologi penginderaan jauh telah mengalami perkembangan dalam dunia kehutanan, dengan penggunaan satelit sebagai wahana dalam pengambilan data. Penginderaan jauh dirasa cukup memadai dalam memberikan informasi yang dibutuhkan secara cepat dan lengkap dengan tingkat ketelitian yang memadai dan biaya yang relatif murah.

Pendugaan cadangan karbon adalah pradigma baru sehingga kita perlu banyak persiapan, dalam hal ini teknik dan penilaian informasi kandungan karbon yang dimiliki. Oleh sebab itu diperlukan penelitian mengenai pendugaan cadangan carbon hingga menghasilkan informasi C-stok dan seberapa besar jumlah C ton/ha yang tersimpan pada tegakan sawit di wilayah Kabupaten Langkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Langkat, menghitung C-stok pada permukaan tegakan kelapa sawit di wilayah Kabupaten Langkat, dan memetakan sebaran karbon kelapa sawit di Kabupaten Langkat dengan menggunakan metode NDVI.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2012 sampai bulan September 2012, dengan perincian bulan Juli 2012 sampai Agustus 2012 kegiatan pengumpulan data, pada bulan Agustus 2012 sampai September 2012 kegiatan menganalisis data. Penelitian dilaksanakan di beberapa lahan kebun kelapa sawit Kabupaten Langkat pada Gambar 3. Analisis data dilakukan di Laboratorium Manajemen Hutan Terpadu, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Sumatera Utara pada bulan Agustus sampai September 2012.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Global Position System (GPS), pita ukur, tali rafia, kompas, parang, kamera digital, alat tulis, software Arcview 3.3, ERDAS image 8.5, dan citra Landsat. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tegakan kelapa sawit pada empat kecamatan antara lain Kecamatan Tanjung Pura, Kecamatan Besitang, Kecamatan Sawit Seberang, dan Kecamatan Selesai, citra satelit.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan 2 metode yaitu metode *non destructive* adalah tanpa melakukan pengerusakan pada tegakan sawit dan metode skala lanskap (NDVI) adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi kegiatan pengumpulan data dan informasi yang dibutuhkan serta menganalisis sesuai kebutuhan. Tahapan kegiatannya adalah:

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang dikumpulkan dengan pengecekan langsung di lokasi penelitian. Data ini diperoleh dengan mengambil koordinat titik dengan menggunakan GPS meliputi titik sampel (*training area*), titik sampel uji lapangan, tinggi kelapa sawit

Data sekunder adalah data yang telah ada sebelumnya, baik data yang dikeluarkan oleh instansi terkait, penelitian sebelumnya maupun literatur pendukung lainnya meliputi citra landsat 7 ETM, peta administrasi Kabupaten Langkat, dan peta kawasan perkebunan Kabupaten Langkat.

Jumlah plot yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 9 plot pada Gambar 4. Di mana jumlah plot untuk tanaman belum menghasilkan sebanyak 6 plot yaitu 1 kelas umur dan untuk tanaman menghasilkan sebanyak 3 plot yang terdiri dari 3 kelas umur tanaman.

Analisis Data

Koreksi citra merupakan kegiatan untuk memperbaiki citra satelit agar diperoleh sesuai dengan aslinya. Pada penelitian ini tidak dilakukan koreksi citra, karena citra dalam penelitian ini dikategorikan baik. Klasifikasi citra bertujuan untuk mengelompokkan kenampakan-kenampakan yang homogeny pada citra. Dalam penelitian tidak dilakukan klasifikasi, karena citra sudah terkoreksi sebelumnya

Analisis NDVI

Analisis NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dilakukan terhadap band-band pada citra Landsat ETM 7. Rumus umum, transformasi NDVI adalah sebagai berikut :

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Keterangan :

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai digital pada band Inframerah dekat (*Near Infrared*)

R = Nilai digital pada band Merah (*Red*)

Dalam hubungannya dengan vegetasi, analisis spektral pada citra landsat dapat memanfaatkan beberapa band, seperti band 3 (*Red/Merah*) dan band 4 (*Near Infrared/Inframerah Dekat*). Kelebihan kedua band ini untuk identifikasi vegetasi adalah objek akan memberikan tanggapan spektral yang tinggi. Hubungan kedua band tersebut dapat dilihat dalam nilai index vegetasi. Nilai NDVI berkisar antara -1 sampai 1, dimana nilai NDVI yang rendah (negatif) mengidentifikasikan daerah bebatuan, pasir dan salju. Nilai NDVI yang tinggi (positif) mengidentifikasikan wilayah vegetasi baik berupa padang rumput, semak belukar maupun hutan. Nilai index vegetasi dapat memberikan informasi tentang persentase penutupan vegetasi, index tanaman hidup (*Leaf Area Index*), biomassa tanaman, kapasitas fotosintesis, dan estimasi penyerapan karbon dioksida (CO₂).

Pembuatan Plot Pada Areal Sebaran

Menurut Hairiah (2011) tahapan pengerjaan pembuatan plot di lapangan sebagai berikut:

- Plot dibuat dengan ukuran yang lebih besar (20m x 10 m) bila dalam lahan yang diamati terdapat pohon besar (diameter batang lebih dari 30cm atau lingkaran batang lebih dari 95cm)
- Dibuat plot dengan ukuran 20m x 100m yang dibedakan berdasarkan tegakan, dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kelas umur pada tegakan sawit di Kabupaten Langkat

Kelas	Umur	Keterangan
I	1-3	TBM
II	4-8	TM
III	9-13	TM
IV	14-20	TM

- Dicatat nama lokal dan/atau nama latin (jika dapat diketahui) dari tanaman yang akan diukur.

- d. Diukur tinggi tegakan sawit dengan menggunakan alat ukur tinggi pohon yaitu clino meter.
- e. Masukkan data tinggi sesuai dengan rumus-rumus yang sesuai, sehingga diperoleh biomassa per tanaman (kg/tanaman).
- f. Jumlahkan data biomassa semua tanaman yang diperoleh pada satu lahan, baik yang ukuran besar maupun yang kecil, sehingga diperoleh total biomassa tanaman per lahan (kg/luasan lahan).
- g. Dimasukkan ke dalam rumus sebagai berikut:

Rumus-rumus allometrik untuk menduga biomassa beberapa jenis tanaman yang umum ditanam pada lahan agroforestri menurut ICRAF (2009) yaitu:

$$\text{Kelapa Sawit (AGB)}_{\text{est}} = 0.0976 H + 0.0706$$

Keterangan:

- (AGB)_{est} = biomassa pohon bagian atas tanah, kg/tanaman;
- H = tinggi pohon, m
-

Pendugaan C-Stock Dalam Tingkat Lanskap

Tahapan pengerjaan pembuatan plot di lapangan adalah

- h. Hubungan antara NDVI dan data hasil pengukuran lapangan mampu memberikan informasi tentang biomassa vegetasi dan merupakan salah satu metode pendekatan untuk menduga kandungan karbon yaitu ekstraksi nilai NDVI pada tiap lokasi plot pengukuran cadangan karbon (Brown *et al* 1996) dalam Hairiah (2011).

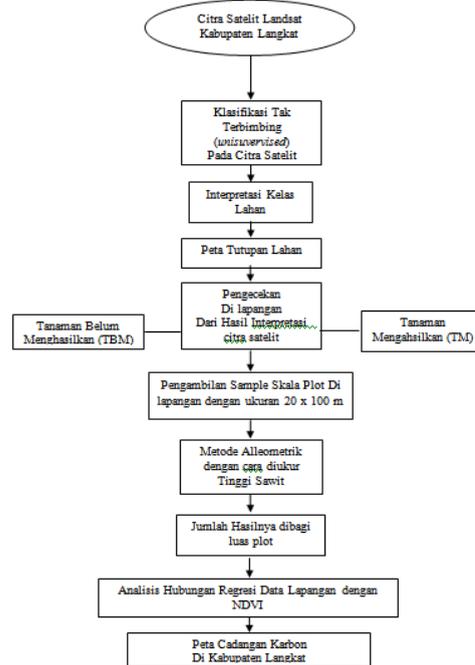
Metode Skala Lanskap (NDVI) yaitu besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit dan dapat diketahui melalui rumus menurut Sudian dan Diasmara (2008) sebagai berikut:

$$\text{NDVI} = \frac{[(\text{NIR}/\text{RED})-1]}{[(\text{NIR}/\text{RED})+1]}$$

Indeks vegetasi berbasis NDVI yang ditunjukkan pada persamaan mempunyai nilai yang hanya berkisar antara -1 (non-vegetasi) hingga 1 (vegetasi).

- i. Analisa regresi hubungan antara cadangan karbon skala plot dengan nilai NDVI.
- j. Pendugaan cadangan karbon ini menggunakan persamaan regresi terpilih pada piksel citra yang bebas awan.
- k. Diambil beberapa titik dengan menggunakan GPS pada lahan kelapa sawit untuk pengambilan sample
- l. Data dari GPS tersebut diolah ke dalam software Arcview 3.3 untuk diketahui penyebarannya dan didukung dengan citra landsat yang bertujuan untuk melihat perubahan tutupan lahan pada lahan kelapa sawit
- m. Data dari citra selanjutnya diolah ke dalam software Arview 3.3 dengan menggunakan *image analys*, dengan menggunakan grid dihitung NDVI.

- n. Dimasukkan nilai NDVI melalui hasil persamaan regresi yang ada dengan menggunakan map calculator pada arc view.
- o. Diperoleh peta penyebaran peta sebaran karbon pada lahan kelapa sawit. Tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pendugaan cadangan karbon tingkat kabupaten

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Sebaran Sawit Di Kabupaten Langkat

Kabupaten Langkat memiliki cakupan wilayah administrasi seluas 6.263,29 km² (626,329 ha) yang terdiri dari 23 kecamatan dan 240 desa serta 37 kelurahan definitif. Batas-batas geografis Kabupaten Langkat antara lain:

1. Bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Deli Serdang
2. Bagian barat berbatasan dengan Provinsi Aceh
3. Bagian utara berbatasan dengan Provinsi Aceh dan Selat Malaka
4. Bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Karo

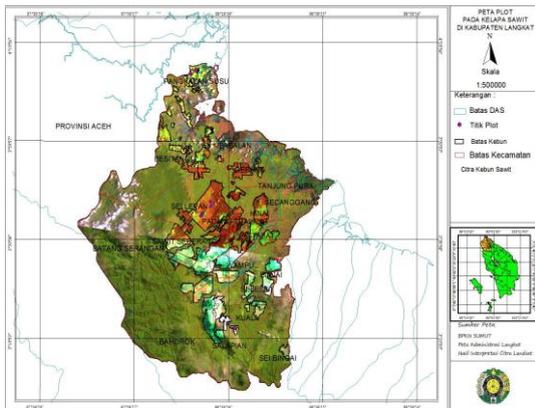
Kabupaten Langkat termasuk kedalam daerah yang beriklim tropis, sehingga daerah ini memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau dan musim hujan biasanya ditandai dengan sedikit banyaknya hari hujan dan volume curah hujan pada bulan terjadinya musim dan Kabupaten Langkat didominasi oleh perkebunan sawit (BPS, 2012)

Berdasarkan angka hasil Sensus Penduduk tahun 2000, penduduk Kabupaten Langkat berjumlah 902,986 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 1.14 % pada periode 1990 – 2000 dan kepadatan penduduk sebesar 144,17 jiwa per km². Sedangkan tahun 1990

adalah sebesar 1,07 %. Kabupaten Langkat dari tahun 2000 – 2008 adalah sebesar 2,19% jiwa/tahun, sedangkan proyeksi penduduk Kabupaten Langkat bertambah menjadi 1.042.523 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 1,80 untuk periode 2005 – 2010.

Kabupaten Langkat sangat potensial bagi pengembangan sektor pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, pariwisata dan pertambangan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat dapat diketahui bahwa jenis komoditi unggulan bidang pertanian di Kabupaten Langkat adalah padi sawah, dimana pada tahun 2008 jenis komoditi ini menyumbangkan 74,69% terhadap jumlah produksi keseluruhan di bidang pertanian di Kabupaten Langkat disusul dengan komoditi jagung sebesar 19,45%. Sedangkan untuk dibidang Perkebunan komoditi terbesar adalah kelapa sawit yang menyumbangkan sebesar 92,75%, disusul dengan komoditi karet sebesar 5,10% (BPS, 2012).

Pola sebaran kebun kelapa sawit di Kabupaten Langkat dibatasi beberapa kecamatan yaitu Pangkalan Susu, Besitang, Babalan, Gebang, Tanjung Pura, Secanggang, Hinai, Padang Tualang, Sei Lapan, Sawit Seberang, Batang Serangan, Wampu, Binjai, Selesai, Stabat, Salapian, Sei Bingai, Kuala, dan Bahorok seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Sebaran Kebun Sawit di Kabupaten Langkat

Gambar 2 menunjukkan bahwa areal kebun sawit yang terluas berada di Kecamatan Sawit Seberang yaitu PT. Perkebunan Nusantara 2. Berdasarkan hasil perhitungan dalam penelitian ini bahwa Kabupaten Langkat memiliki luas areal kebun sebesar 113725, 241 ha.

Pendugaan Cadangan Karbon pada Tegakan Sawit berdasarkan Allometrik

Biomassa kelapa sawit diukur dengan menggunakan metode allometrik. Perhitungan cadangan carbon dapat di lihat pada Tabel 2 yaitu pengukuran secara allometrik dengan pengambilan sample plot di lapangan.

Tabel 2. Hasil dugaan cadangan karbon pada berbagai perkebunan di Kabupaten Langkat dengan menggunakan metode allometrik tahun 2012

No.	Perusahaan	Tahun Tanam	Umur	Total Cadangan Karbon ton/ha
1.	PT. Kinar Lapiga	2009	3 tahun	25.18
2.	PT. Kinar Lapiga	2008	4 tahun	35.06
3.	PT PTPN II	2009	3 tahun	19.93
4.	PT PTPN II	2008	4 tahun	21.49
5.	PT PTPN II	2007	5 tahun	35.42
6.	PT PTPN II	2000	12 tahun	55.26
7.	PT PTPN II	1998	14 tahun	68.85
8.	PT. Mopoli Raya	2009	3 tahun	19.20
9.	PT. Mopoli Raya	2008	4 tahun	21.88

Pada Tabel 4 disajikan bahwa pada umur yang sama terjadi perbedaan jumlah biomassa pada tegakan kelapa sawit yaitu pada umur 3 tahun yaitu pada PT. Kinar Lapiga nilai karbonnya 25,18 ton/ha, PT. PTPN II nilai karbonnya 19,93, dan PT. Mopoli Raya nilai karbonnya 19,20 ton/ha. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tua umur tanaman kelapa sawit maka semakin tinggi biomasanya. Perbedaan nilai karbon pada umur yang sama terjadi pada umur 3 tahun dan 4 tahun. Perbedaan nilai karbon pada umur yang sama disebabkan oleh total kandungan karbon di atas permukaan tanah dipengaruhi oleh kesuburan tanah dan gangguan (termasuk pencurian dan hama penyakit). Bahwa semakin tinggi kesuburan tanahnya maka semakin tinggi biomassa yang dihasilkan hal ini sesuai dengan pernyataan De Wait dan Chave (2004).

Perbedaan nilai karbon pada umur yang sama dipengaruhi oleh jarak tanam kelapa sawit kebun di mana terdapat dua jenis jarak tanam yaitu 8m x 9m dan 9m x 9 m tergantung pada kondisi lahannya. Kerapatan kelapa sawit maksimal setiap hektarnya adalah 130 pohon. Penetapan jarak tanam disesuaikan dengan tingkat kesuburan lahan yang berkaitan dengan ketebalan tanah, tata air dan teknik pengelolaannya. Apabila ada tanaman yang mati atau mengalami gangguan hama dan penyakit maka dilakukan penyesipian dengan tanaman baru. Menurut Hartley (1967) menyatakan pendugaan cadangan karbon memiliki nilai yang bervariasi karena sangat ditentukan oleh umur tanaman, kerapatan per satuan luas, iklim dan pengolahan lahan serta lingkungan pertumbuhan kelapa sawit terutama jenis lahannya dan juga teknik pengukuran yang digunakan.

Total biomassa karbon

Cadangan karbon sering disebut dengan karbon biomassa (C/biomassa), dimana tahun tanam sangat berpengaruh terhadap biomassa dari tanaman kelapa sawit. Biomassa merupakan bahan organik hasil dari proses fotosintesis, dimana biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik dan dinyatakan dalam satuan bobot kering. Hasil fotosintesis tersebut digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertikal.

Keberadaan tegakan sawit kelas umur tanaman menghasilkan pada suatu sistem penggunaan lahan, memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon. Pada sawit 70% dari total karbon berasal dari sawit kelas umur tanaman menghasilkan sedangkan pada sawit kelas umur tanaman belum menghasilkan hanya 30%.

Dikaitkan dengan peran perkebunan kelapa sawit sebagai penyerap CO₂, hasil proses fotosintesis ini jauh lebih besar daripada respirasi. Akibatnya oksigen yang dihasilkan secara netto besar. Semakin cepat tanaman kelapa sawit bertumbuh semakin besar pula oksigen yang dihasilkan persatuan waktu. Semakin luas perkebunan kelapa sawit yang bertumbuh dan berproduksi semakin besar pula oksigen yang dihasilkan persatuan waktu dan ruang.

Pendugaan cadangan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan sawit di perkebunan Kabupaten Langkat memiliki nilai karbon 68,85 ton/ha (14 tahun) pada PT. Perkebunan Nusantara II memiliki cadangan karbon yang lebih tinggi seperti yang tercantum pada Tabel 4. Cadangan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan sawit 3 tahun pada PT. Mopoli Raya adalah sebesar 19,20 ton/ha merupakan cadangan karbon yang terendah dibandingkan dengan yang lainnya seperti tercantum pada Tabel 4. Cadangan karbon di atas permukaan tanah pada tegakan sawit di areal Kebun kelapa sawit Kabupaten Langkat masih tergolong cukup baik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Henson (1999) mengungkapkan bahwa dalam proses fotosintesis (assimilasi) kelapa sawit menyerap sekitar 161 ton CO₂ per hektar per tahun. Bila dikurangi CO₂ yang diserap dalam proses respirasi, maka secara netto kebun kelapa sawit menyerap CO₂ sebesar 64,5 ton/ha..

Menurut Hairiah (2011) menyatakan bahwa sistem jakaw umur 0-10 tahun mempunyai cadangan karbon di atas permukaan tanah 19 ton/ha dan pada umur 15 tahun 58 ton/ha. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa pada tegakan sawit cadangan karbonnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem jakaw, karena pada tegakan sawit terdapat kerapatan tajuk yang tinggi dan tegakan sawit yang tinggi, di mana semakin tinggi tegakan sawit maka semakin tinggi nilai biomassa dan cadangan karbonnya.

Pada lahan alang-alang dan padi, cadangan karbon permukaan tanah hanya 4 ton/ha dan 4,8 ton/ha. Cadangan karbon yang berupa biomassa pada tanaman padi, akan dilepaskan kembali ketika panen melalui hasil panen berupa padi maupun pembakaran jerami atau dekomposisi jerami. Selain itu, penurunan cadangan karbon juga terjadi akibat penyiangan gulma, pengolahan tanah dan pengairan Hairiah (2011). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa cadangan carbon pada tegakan sawit lebih tinggi dibandingkan dengan lahan alang-alang dan padi, hal ini menunjukkan bahwa semakin tua suatu tanaman kelapa sawit maka semakin besar pula pelepah *prunning* dan tandan kosong (tankos) yang dihasilkan.

Hutan memiliki nilai karbon yang lebih tinggi daripada tegakan kelapa sawit (pada Tabel 1). Hal ini dikarenakan bahwa hutan memiliki jenis vegetasi dan keragaman jenis yang tinggi. Menurut Adinugroho *et al.* (2006) hutan berperan dalam upaya peningkatan penyerapan CO₂ dimana dengan bantuan cahaya matahari dan air dari tanah, vegetasi yang berklorofil mampu menyerap CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini antara lain disimpan dalam bentuk biomassa yang menjadikan vegetasi tumbuh menjadi makin besar atau makin tinggi. 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 sawit, 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.

Analisis Indeks Vegetasi Pada Berbagai Penutupan Lahan di Lokasi sampel

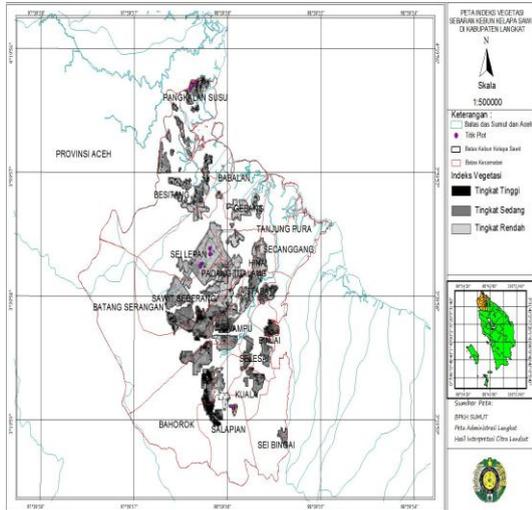
Penyebaran titik sampel lapang pada berbagai penutupan lahan di Kabupaten Langkat disajikan pada Gambar 2, sedangkan perolehan nilai indeks vegetasi pada lokasi sampel di setiap kelas umur pada tegakan kelapa sawit yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai indeks vegetasi pada lokasi sampel di setiap kelas umur pada tegakan kelapa sawit

Nama Kebun	NDVI	Keterangan
PT Kinar Lapiga	-0.06	3 tahun
	0.03	4 tahun
PT. PTPN II	-0.3	3 tahun
	-0.88	4 tahun
	0.2	5 tahun
	0.21	12 tahun
	0.33	14 tahun
PT. Mopoli Raya	-0.2	3 tahun
	-0.98	4 tahun

Pada masing-masing indeks vegetasi perolehan nilai terbesar ditempati oleh tanaman sawit umur 12-14 tahun, sedangkan perolehan nilai terendah terdapat pada tanaman sawit berumur 3-4 tahun, yang artinya semakin besar nilai indeks vegetasi yang diperoleh mengindikasikan adanya vegetasi yang berumur tua dengan vegetasi yang lebat dan kondisi tanaman yang sehat, sehingga perolehan nilai reflektannya besar karena tingginya kandungan klorofil pada tanaman tersebut. Sedangkan perolehan nilai yang relatif kecil mengindikasikan bahwa vegetasi tersebut berumur relatif muda dengan vegetasi yang

jarang serta kenampakan objek tersebut didominasi adanya genangan air dengan kerapatan tanaman yang relatif jarang, sehingga nilai reflektan yang dihasilkan rendah karena kandungan klorofil yang sedikit. Menurut Lillesand & Kiefer (1997) menyatakan bahwa perbedaan nilai reflektan yang bervariasi selain dipengaruhi karakteristik vegetasi, seperti umur dan jenis pohon, struktur daun dan tutupan kanopi, juga dipengaruhi oleh karakter tanah dan kondisi atmosfer seperti Gambar 5.



Gambar 5. Kenampakan Citra Indeks Vegetasi Kebun Kelapa Sawit dan Penyebaran Titik Sampel Lapang pada Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

Hubungan Regresi Karbon dengan Indeks Vegetasi Perkebunan

Pengukuran biomassa lapang dan nilai spektral dari indeks vegetasi dapat dilihat pada Tabel 4, diturunkan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara parameter-parameter tersebut. Hasil penelitian menunjukkan korelasi positif antara indeks vegetasi dengan pengukuran karbon dilapangan. Pada masing-masing Gambar menunjukkan peningkatan karbon tanaman yang di gambarkan dalam persamaan linear. Hubungan karbon atas permukaan hasil pengukuran lapang dengan indeks vegetasi pada vegetasi alami disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Nilai NDVI dan data lapangan

Nama Kebun	Karbon (ton/ha)	NDVI	Keterangan
PT. Kinar Lapiga	25.18	-0.06	3 tahun
	35.06	0.03	4 tahun
PT. PTPN II	19.93	-0.3	3 tahun
	21.49	-0.88	4 tahun
	35.42	0.2	5 tahun
	55.26	0.21	12 tahun
PT. Mopoli Raya	66.85	0.33	14 tahun
	19.20	-0.2	3 tahun
	21.88	-0.98	4 tahun

Tabel 5. Hubungan Regresi NDVI dan Data Lapangan

No Plot	X(NDVI)	Y(Karbon)	XY	X ²	Y ²
1	-0.2	19.2	-3.84	0.04	368.64
2	-0.98	21.88	-21.44	0.9604	478.7344
3	-0.3	19.93	-5.979	0.09	397.2049
4	-0.88	21.49	-18.911	0.7744	461.8201
5	0.2	32.42	7.084	0.04	1254.576
6	0.33	68.85	22.720	0.1089	4740.323
7	0.21	55.26	11.604	0.0441	3053.668
8	0.03	35.06	1.051	0.0009	1229.204
9	-0.06	25.18	-1.510	0.0036	634.0324
	$\sum X = -1.65$	$\sum Y = 302.27$	$\sum XY = 9.222$	$\sum X^2 = 2.062$	$\sum Y^2 = 12618$
	$\bar{x} = -0.183$	$\bar{y} = 33.585$			

Menyusun Persamaan Regresi

$$a = \frac{(\sum X)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = 38.39$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = 26.24$$

Maka untuk menyusun persamaan regresinya sebagai berikut:

$$Y = 38.39 + 26.54 X$$

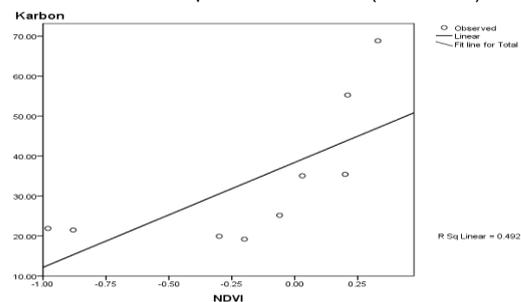
$$X = \text{NDVI}$$

$$Y = \text{Karbon}$$

Antara nilai lapangan dan nilai NDVI dapat dihitung korelasinya. Korelasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} = 0.701$$

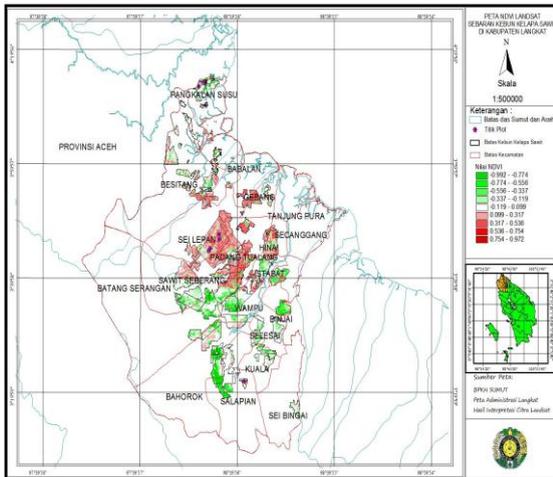
Harga r tabel untuk kesalahan 5% dengan n = 9 diperoleh 0,666. Karena harga r hitung lebih besar dari r tabel baik untuk kesalahan 5% (0,701 > 0,666) maka dapat disimpulkan terdapat hubungan yang positif antara nilai lapangan dengan nilai NDVI. Koefisien determinasinya $r^2 = 0,701^2$ dan $R = 0,4914$. Hal ini berarti nilai lapangan 49,14% ditentukan oleh nilai NDVI, melalui persamaan regresi $Y = 38,39 + 26,54 X$. Sisanya 50,86% ditentukan oleh faktor lain. Jika dilihat dari nilai r maka dapat disimpulkan bahwa tingkat korelasinya kuat, Menurut Yaya *et al.*(2005) menyatakan bahwa nilai korelasi yang dihasilkan relatif lemah ($r < 0.70$). Hubungan dengan korelasi yang lebih baik ($r > 0.70$) ditunjukkan oleh hubungan antara biomassa dengan dua karakteristik spektral atau lebih karakteristik spektral atau lebih (Gambar 6).



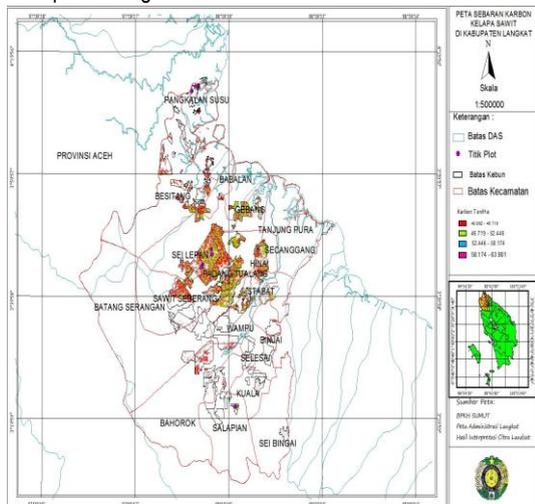
Gambar 6. Hubungan karbon dengan Nilai Indeks Vegetasi Pada Tegakan Kelapa Sawit, Kabupaten langkat

Estimasi biomassa dengan persamaan empirik Estimasi biomassa dengan persamaan empirik

yang dihasilkan cukup menunjukkan keadaan sesungguhnya di lapang. Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi pada masing-masing persamaan yang terbentuk. Hubungan antara indeks vegetasi dengan karbon umumnya linear, dengan nilai $R^2=0,49$ Nilai R^2 merupakan nilai yang menunjukkan tingkat korelasi antara variabel yang dihubungkan, dalam hal ini indeks vegetasi dan karbon. Dengan demikian, semakin besar nilai R^2 menunjukkan bahwa korelasi antara indeks vegetasi dengan biomassa semakin baik. (Young, 1982 dalam dalam Rakhmawati (2012) menyatakan bahwa jika nilai koefisien $R^2 \geq 0,4$ menunjukkan hubungan yang kuat. Dari hasil hubungan regresi tersebut maka dihasilkan peta NDVI Gambar 7 dan peta sebaran karbon pada Gambar 8.



Gambar 7. Peta Sebaran NDVI kebun kelapa sawit di Kabupaten Langkat



Gambar 8. Sebaran Karbon kebun kelapa sawit di Kabupaten Langkat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Sebaran kebun kelapa sawit di Kabupaten Langkat dibatasi beberapa kecamatan yaitu Pangkajene Susu, Besitang, Babalan, Gebang, Tanjung Pura, Secanggang, Hinai,

Padang Tualang, Sei Lapan, Sawit Seberang, Batang Serangan, Wampu, Binjai, Selesai, Stabat, Salapian, Sei Bingai, Kualu, dan Bahorok dengan luas total 113725.241 ha.

2. Cadangan karbon terbesar terdapat pada umur tegakan sawit 14 tahun dengan jumlah cadangan carbonnya 68.84 ton/ha dan cadangan karbon terkecil terdapat pada umur tegakan sawit 3 tahun dengan jumlah cadangan carbonnya 19.20 ton/ha.
3. Indeks vegetasi NDVI memiliki memiliki hubungan positif dengan nilai lapangan di mana $R^2 = 49\%$ dengan persamaan $Y = 38,39 + 26,54 X$.

Saran

Perlu dilakukan uji coba pada tegakan lain yang mempunyai perlakuan dan kelompok umur tertentu agar lebih dapat membandingkannya dengan tegakan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2012. Kecamatan Kabupaten Langkat 2012. <http://langkatkab.bps.go.id> [Diakses 3 November 2012]
- Brown S, 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests a Primer*. FAO Forestry paper No. 134. FAO, Rome, 55 pp.
- 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.
- De Wait dan Chave. 2004. *Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates*. Philos Trans Royal Soc B 359:409-420
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor, 2007.
- Hairiah, K. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Dari Tingkat Lahan Ke Bentang Lahan. Word Agroforestry Centre ICRAF SEA Regional Office; Malang
- Henson, R.. 1999. The Rough Guide to Climate Change, New York
- Hartley. 1967. The Oil Palm. London:Longman Group.hlm. 2-11.
- ICRAF. 2009. Cadangan Karbon di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur
- Lillesand, T.M., dan R.W. Kiefer. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Gadjah Mada University press. Yogyakarta.

- Rakhmawati, M. 2012. Pemanfaatan Citra Landsat untuk Estimasi Biomassa Atas Permukaan dari Berbagai Penutupan Lahan dengan Pendekatan Indeks Vegetasi. Skripsi. IPB Bogor.
- Sudian dan Diasmara. 2008. *Development of Natural-based Wound Dressings Impregnated with Bioactive Compounds and Using Supercritical Carbon Dioxide*”, Int. J. Pharm., 408, 9-19, 2011. (ISI I. Factor 2009, 2.962). (DOI: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.063)
- Yaya IU, Sulistyawati E, Hakim DM, dan Harto AB. 2005. Korelasi Stok Karbon Dengan Karakteristik Spektral Citra Landsat : Studi Kasus Gunung Papandayan. Di dalam: Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV; Gedung Rektorat Lt. 3 Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 14-15 September 2005. Surabaya. 1-12.