

ESTIMASI CADANGAN KARBON KELAPA SAWIT DI LANSKAP SEMBILANG DANGKU, SUMATERA SELATAN

(The Estimation of Oil Palm Carbon Stock in Sembilang Dangku Landscape, South Sumatra)

AZAR RACHDIAN¹⁾, HARIYADI²⁾ DAN YUDI SETIAWAN³⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB

²⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB

³⁾ Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, IPB

Email: azarrachdian93@gmail.com

Diterima 19 Juli 2018 / Disetujui 06 Agustus 2018

ABSTRACT

Oil palm has the ability to sequester carbon dioxide stored as carbon stock. This study aimed to estimate carbon stock in some age classes, to determine the relationship between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and carbon stock, and to estimate the distribution of oil palm carbon stock in Landscape Sembilang Dangku. Estimation of carbon stock were carried out at the non productive age plant phase namely <2 years, 2-3 years, and the productive plant age phase namely 4-10 years and > 10 years. The carbon stock estimation used allometric equations. Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) /Thermal Infrared Sensor (TIRS) was analyzed to determine NDVI. Making a map of the classification of carbon stock distribution using Software QGIS Las Palmas 2.18.0. The results showed that the carbon stock in the age class <2 years was 9.50 ton C/ha, the age class of 2-3 was 9.62 ton C/ha, the age of 4-10 was 28.23 ton C/ha and in the age class > 10 was 79.83 ton C/ha. The relation between NDVI with carbon stock had a strong correlation ($r = 0.9972$) with regression equation $Y = 638.13x - 242.65$. Carbon stock distribution was based on percentage of area as follows: <15 ton C/ha covering an area of 26.52%, 15-25 ton C/ha covering an area of 5.29%, 26-70 ton C/ha covering an area of 35.41%, and > 70 ton C/ha 32.78%.

Keywords: age class, carbon stock, landscape, NDVI

ABSTRAK

Kelapa sawit mempunyai kemampuan mensekuestrasi karbondioksida yang disimpan sebagai cadangan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi cadangan karbon pada beberapa kelas umur, dan mengetahui hubungan antara *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* dengan cadangan karbon, serta menduga sebaran cadangan karbon kelapa sawit di Lanskap Sembilang Dangku. Pendugaan cadangan karbon dilaksanakan pada fase tanaman belum menghasilkan yaitu kelas umur < 2 tahun, 2-3 tahun, dan fase tanaman menghasilkan yaitu kelas umur 4 – 10 tahun dan > 10 tahun dengan menggunakan persamaan allometrik. Landsat 8 *Operational Land Imager (OLI)/Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dianalisis untuk menentukan NDVI. Pembuatan peta klasifikasi sebaran cadangan karbon menggunakan Software QGIS Las Palmas 2.18.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cadangan karbon pada kelas umur <2 tahun sebesar 9,50 ton C/ha, kelas umur 2-3 sebesar 9,62 ton C/ha, kelas umur 4 – 10 tahun sebesar 28,23 ton C/ha dan pada kelas umur >10 sebesar 79,83 ton C/ha. Hubungan NDVI dengan cadangan karbon mempunyai korelasi yang kuat ($r=0,9972$) dengan persamaan regresi $Y = 638,13x - 242,65$. Sebaran cadangan karbon berdasarkan persentase luas wilayah seperti berikut: < 15 ton C/ha seluas 26,52%, 15-25 ton C/ha seluas 5,29%, 26-70 ton C/ha seluas 35,41%, dan >70 ton C/ha seluas 32,78%.

Kata kunci: cadangan karbon, kelas umur, lanskap, NDVI

PENDAHULUAN

Kelapa sawit mulai dikenal di Indonesia pada tahun 1848 sebagai tanaman hias. Pada tahun 1911, tanaman ini mulai dibudidayakan secara komersial di Sumatera Utara, Lampung dan Aceh, kemudian mulai mengeksport minyak sawit pada tahun 1919. Luas perkebunan kelapa sawit sempat mengalami penyusutan, namun pada tahun 1998-2006 terjadi penambahan luas yang signifikan sebesar 4.989.249 ha (Lubis dan Widanarko 2011). Devisa dari industri kelapa sawit pada tahun 2015 sebesar USD 23,933 milyar dengan perkiraan perkebunan sawit tahun 2017 seluas 12.307.677 ha (Ditjenbun 2016). Industri ini menyumbang 3,57% bagi

Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada tahun 2016 (BPS 2017).

Kelapa sawit selama siklus hidupnya mensekuestrasi CO₂ untuk keperluan fotosintesis, dan hasilnya disimpan sebagai cadangan karbon di biomasnya sebesar 6,1 ton C/ha/tahun (Pulhin *et al.* 2014). Oleh karena kelapa sawit merupakan tanaman tahunan yang mempunyai siklus hidup panjang, maka akumulasi biomassa juga akan relatif besar, sehingga cadangan karbon juga besar. Dengan demikian, kelapa sawit juga memberikan kontribusi dalam menurunkan gas rumah kaca (CO₂) (Tanaka dan Makino 2009; Yahya 2007).

Saat ini, pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan secara parsial belum dinilai berhasil. Pengelolaan berbasis lanskap mampu mengombinasikan antara pengelolaan dengan tujuan ekonomi yang bersifat eksploratif dan tujuan menjaga jasa lingkungan yang bersifat konservatif (Prasetyo 2017).

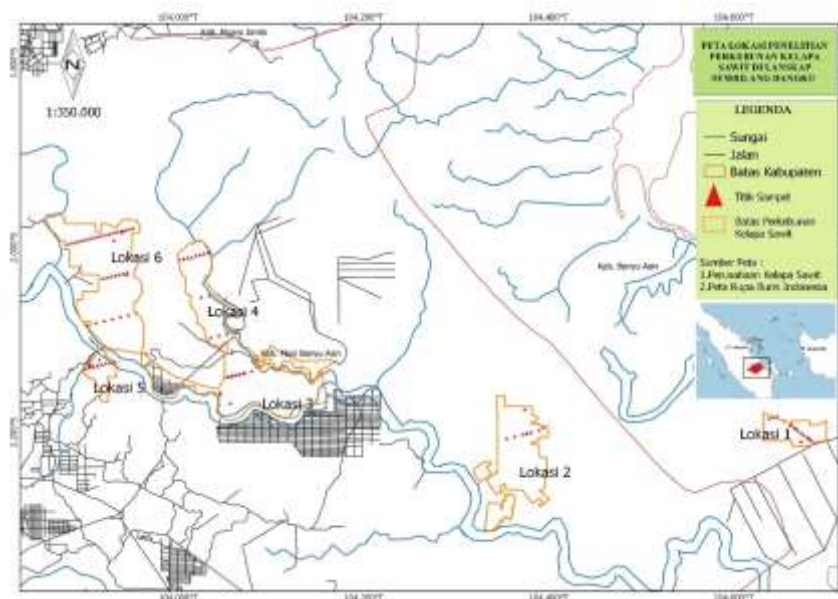
Di Provinsi Sumatera Selatan terdapat Lanskap Sembilang Dangku yang pengelolannya menyeimbangkan kebutuhan masyarakat dengan konservasi lingkungan serta pemanfaatan jasa lingkungannya. Salah satu bagian dari lanskap ini adalah perkebunan kelapa sawit di areal gambut dan rendahan yang pengelolannya menyeimbangkan fungsi produksi dan ekologi (KELOLA Sendang 2017). Luas areal ini sebesar 134.424 ha di Kabupaten Banyuasin dan 256.841 ha di Kabupaten Musi Banyuasin (Ditjenbun 2016).

Dengan mempertimbangkan peran kelapa sawit dalam mensekuestrasi karbon dioksida dan isu pengelolaan berbasis lanskap, maka perlu melaksanakan kajian cadangan karbon di beberapa perkebunan kelapa sawit yang masuk dalam Lanskap Sembilang Dangku. Tulisan ini memfokuskan pada cadangan karbon di atas permukaan tanah, karena bagian

ini memiliki biomassa yang besar yaitu 87% dari biomassa total (Zhang *et al.* 2015). Adapun tujuan penelitian ini adalah mengestimasi cadangan karbon pada beberapa kelas umur kelapa sawit. Selain itu juga untuk mengetahui hubungan antara *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* dengan cadangan karbon, serta menduga sebaran cadangan karbon kelapa sawit di Lanskap Sembilang Dangku.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2018 yang meliputi pengambilan data di lapangan, pengolahan dan analisis data. Lokasi penelitian di enam perkebunan kelapa sawit milik perusahaan swasta dengan luas 35.211 ha yang terletak di Lanskap Sembilang Dangku (Gambar 1) yang terdiri dari satu perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Banyuasin dan lima perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Musi Banyuasin. Areal ini didominasi oleh lahan gambut dengan tingkat kematangan saprik seluas 91% dan tingkat kematangan hemik seluas 9% (KELOLA Sendang 2017).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian estimasi cadangan karbon tanaman kelapa sawit

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer maupun data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran di lapangan yaitu tinggi dan diameter kelapa sawit, sedangkan data sekunder diperoleh dari laporan dan dokumen perusahaan yang meliputi data batas perusahaan, peta blok perusahaan dan peta tahun tanam perusahaan.

Penelitian terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu:

1. Estimasi cadangan karbon berdasarkan kelas umur

Estimasi cadangan karbon kelapa sawit didasarkan kelas umur pada fase tegakan belum menghasilkan (TBM) dan tegakan menghasilkan (TM) dengan rincian seperti pada Tabel 1. Fase TBM merupakan tanaman yang dipelihara sejak bulan penanaman pertama sampai dipanen pada umur 36-48 bulan dan TM merupakan tanaman yang dipelihara setelah berumur 48 bulan yang telah berbunga dan berbuah (Ditjenbun 2014).

Tabel 1. Kelas umur kelapa sawit

Kelas umur	Umur sampel	Jumlah plot sampel
TBM		
< 2 tahun	1 tahun	3
2 - 3 tahun	2 tahun	2
TM		
4 - 10 tahun	6 tahun	15
>10 tahun	11 tahun	3

Keterangan: TBM= tanaman belum menghasilkan, TM = tanaman menghasilkan

Pengambilan data di lapangan menggunakan plot sampel ukuran 32 m x 27 m (KELOLA Sendang 2017) yang diletakkan secara *purposive* sesuai dengan umur tanaman kelapa sawit yang mewakili kelas umur. Koordinat geografis plot sampel diketahui dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dan dipindahkan ke pangkalan data penelitian dengan menggunakan *Garmin Basecamp*.

Pengukuran dilakukan pada 10 tanaman kelapa sawit untuk setiap plot sampelnya. Kelapa sawit yang mempunyai tinggi lebih dari 1,3 m, maka diukur tingginya dengan menggunakan alat *range finder* dan keliling setinggi dada dengan menggunakan meteran jahit. Apabila tanaman kelapa sawit mempunyai tinggi kurang dari 1,3 m, maka yang diukur hanya tinggi. Oleh karena untuk keperluan penentuan biomassa diperlukan data diameter, maka data keliling batang tanaman dikonversi menjadi diameter dengan menggunakan rumus:

$$D = \frac{K}{\pi} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- D = diameter setinggi dada (cm)
- K = keliling setinggi dada (cm)
- π = 3,14

Setelah diperoleh data tinggi dan diameter tanaman kelapa sawit, selanjutnya ditentukan biomassa tanaman kelapa sawit. Kelapa sawit yang mempunyai tinggi lebih dari 1,3 m, dihitung dengan persamaan allometrik sebagai berikut (Lubis 2011):

$$Y = 0,002382 \times D^2,3385 \times H^0,9411 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Y = biomassa kering (kg/pohon)
- D = diameter setinggi dada (cm)
- H = tinggi bebas pelepah (m)

Apabila tinggi pohon kurang dari 1,3 m, maka menggunakan rumus berikut (Hairiah *et al.* 2011) :

$$Y = 0,0976 H + 0,0706 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- Y = biomassa kering (kg/pohon)
- H = tinggi sampai pucuk (m)

Setelah didapatkan data biomassa dari tanaman kelapa sawit, tahap selanjutnya adalah menentukan cadangan karbon tersimpan setiap tanaman dengan menggunakan persamaan berikut (SNI 2011):

$$C_b = B \times \% C \text{ Organik} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- C_b = Kandungan karbon dari biomassa (ton)
- B = Total biomassa (ton)
- %C Organik = Persentase kandungan karbon sebesar 0,5

Setelah mendapatkan cadangan karbon pada tanaman kelapa sawit maka tahap selanjutnya adalah menghitung cadangan karbon pada setiap hektarnya menggunakan rumus (Hairiah *et al.* 2011):

$$C = \frac{C_{b1} + C_{b2} + \dots + C_{bn}}{L} \times 10.000 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- C = Cadangan karbon (ton C/ha)
- C_b = Cadangan karbon pohon kelapa sawit (ton C/ha)
- L = Luas Plot
- 10.000 = Konversi m² menjadi ha

2. Penentuan NDVI

NDVI merupakan indeks yang menggambarkan fotosintesis pada suatu tumbuhan. NDVI juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat kesehatan pohon, tingkat stress pohon, kepadatan kanopi dan cadangan karbon pohon (Verhulst dan Govarets 2010).

Kriteria citra *landsat* yang digunakan adalah bebas awan, kemudian melakukan kalibrasi radiometrik untuk meminimalisir atau menghilangkan gangguan atmosfer pada saat perekaman citra. Hal ini perlu dilakukan mengingat adanya gangguan berupa pantulan, hamburan dan serapan yang menyebabkan nilai piksel citra hasil perekaman tidak sesuai dengan nilai piksel pada obyek di lapangan. Kalibrasi digunakan untuk mengubah nilai *Digital Number* (DN) menjadi nilai reflektan dengan rumus seperti berikut (USGS 2018):

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- $\rho_{\lambda'}$ = Reflektansi *Top of Atmosphere* (TOA), tanpa koreksi untuk sudut sinar matahari
- M_ρ = Reflektan Multi Band
- A_ρ = Reflektan Add Band
- Q_{cal} = *Digital Number*

Setelah didapatkan reflektansi TOA kemudian dilakukan koreksi untuk sudut sinar matahari menggunakan rumus berikut:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

- $\rho\lambda$ = Reflektansi TOA setelah dikoreksi
- $\rho\lambda'$ = Reflektansi TOA, tanpa koreksi untuk sudut datang sinar matahari.
- θ_{SE} = Sudut sinar matahari

Kalibrasi radiometrik dilakukan menggunakan *Software QGIS Las Palmas 2.18* melalui fitur *raster calculator* dengan memasukkan rumus (6) dan (7).

NDVI menggambarkan tingkat kehijauan suatu vegetasi dengan rentang nilai -1 hingga + 1, semakin mendekati +1 maka daerah tersebut semakin bervegetasi (Tovar 2011). Nilai NDVI dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Ganie dan Nusrath 2016):

$$NDVI = \frac{Band\ NIR - Band\ Red}{Band\ NIR + Band\ Red} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

- Band NIR = Band *Near Infra Red* (NIR)
- Band Red = Band *Red*

Perhitungan NDVI pada penelitian ini dilakukan pada piksel yang bebas awan menggunakan Citra *Landsat 8 OLI/TIRS* pada path/row 124/062 dengan tanggal akuisisi 2 Agustus 2017 dan path/row 125/061 serta 125/062 dengan tanggal akuisisi 6 Juni 2017, sehingga band yang digunakan adalah band 5 untuk band NIR dan band 4 untuk band Red. Perhitungan NDVI menggunakan *Software QGIS Las Palmas 2.18.0* melalui *raster calculator*. Setelah nilai NDVI didapatkan, selanjutnya melakukan klasifikasi dengan *Software QGIS Las Palmas 2.18.0* dengan menggunakan tahapan program pada fitur Properti, Gaya, Tipe Render (Pita tunggal *pseudocolor*), *Interpolation* diskrit, dan modus *Equal Interval*.

3. Penentuan Persamaan Regresi Linier antara NDVI dengan Cadangan Karbon

Pendugaan cadangan karbon menggunakan NDVI dilakukan dengan membuat persamaan regresi linier antara NDVI dengan hasil estimasi cadangan karbon. Persamaan regresi yang digunakan adalah $y = a + bX$, dimana y adalah estimasi cadangan karbon, dan x adalah NDVI. Perhitungan dimulai dengan mencari nilai b menggunakan persamaan:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \dots\dots\dots (9)$$

Setelah mendapatkan nilai b selanjutnya menentukan nilai a menggunakan persamaan :

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (10)$$

Setelah mendapatkan persamaan regresi antara NDVI dengan cadangan karbon, maka selanjutnya dilakukan uji korelasi untuk mengetahui tingkat keeratannya. Persamaan yang digunakan seperti berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots\dots (11)$$

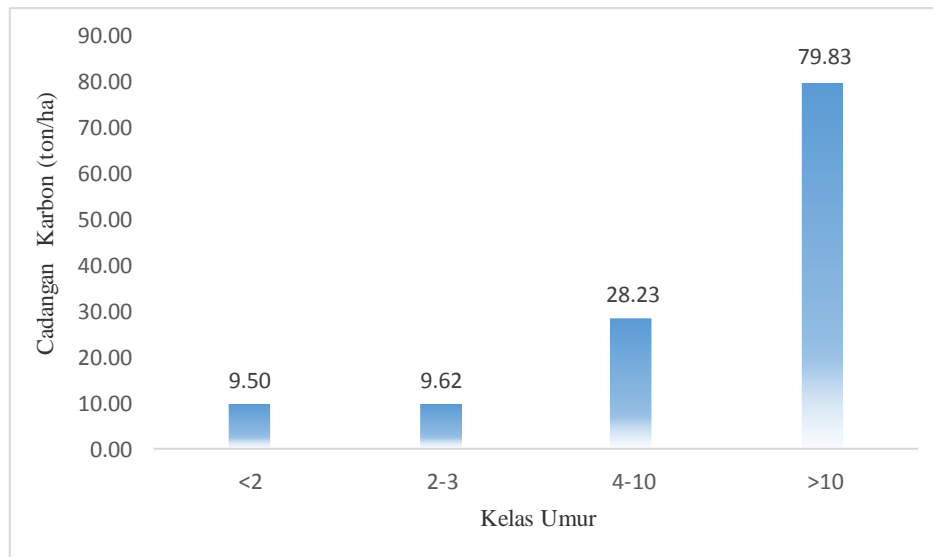
Koefisien korelasi (r) yang semakin mendekati 1 maka korelasi antara kedua variabel tersebut semakin baik, begitu pula sebaliknya semakin jauh dari 1 maka semakin buruk (Pratisto 2014).

Persamaan regresi yang sudah didapatkan kemudian dijadikan rumus pada fitur *raster calculator* pada *Software QGIS Las Palmas 2.18* untuk menentukan cadangan karbon berdasarkan NDVI. Pembuatan peta klasifikasi sebaran cadangan karbon menggunakan *Software QGIS Las Palmas 2.18.0* dengan menggunakan tahapan program pada fitur Properti, Gaya, Tipe Render (Pita tunggal *pseudocolor*), *Interpolation* diskrit, dan modus *Equal Interval*. Klasifikasi cadangan karbon dimodifikasi mengikuti pendekatan *High Carbon Stock* (HCS) yaitu <15 tonC/ha, 15-25 tonC/ha, 26 ton-70 tonC/ha dan > 70 tonC/ha (Greenpeace 2013; Rosoman *et al.* 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Estimasi Cadangan Karbon Berdasarkan Kelas Umur

Cadangan karbon merupakan kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomasa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah (Kaufman dan Donato 2012). Cadangan karbon bisa terdapat pada bagian hidup (biomassa), bagian mati (nekromassa) dan pada bagian tanah (Hairiah *et al.* 2011). Cadangan karbon akan berbeda sesuai dengan kondisi penutupan lahan dan kelas umurnya (Yulianto 2015). Estimasi cadangan karbon di Lanskap Sembilang Dangku seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Estimasi cadangan karbon pada beberapa kelas umur kelapa sawit

Gambar 2 menunjukkan adanya peningkatan cadangan karbon dengan semakin meningkatnya kelas umur. Peningkatan cadangan karbon yang signifikan terjadi antara kelas umur 4-10 tahun ke > 10 tahun dengan nilai sebesar 51,6 tonC/ha, karena pada umur ini kelapa sawit mengalami perkembangan yang optimal (PKT 2018).

Pola peningkatan cadangan karbon yang signifikan pada sekitar umur 10 tahun sesuai dengan penelitian Sabiham (2013) dan Yulianto (2015), namun terdapat perbedaan nilai cadangan karbon pada setiap kelas umurnya. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan

kondisi spesifik lokasi dan manajemen kelapa sawit seperti jenis tanah, pemupukan, intensitas perawatan, dan pengaturan *water table* di lahan gambut (Ashraf *et al.* 2017; Firdaus *et al.* 2012; Veloo *et al.* 2015).

2. NDVI Berdasarkan Kelas Umur

NDVI yang didapatkan pada penelitian ini tersebar pada rentang 0,390 – 0,505. Secara lengkap, NDVI pada masing-masing kelas umur seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. NDVI pada setiap kelas umur kelapa sawit

Kelas Umur	NDVI
TBM	
<2 tahun	0,390
2-3 tahun	0,400
TM	
4-10 tahun	0,423
>10 tahun	0,505

Keterangan: TBM= tanaman belum menghasilkan, TM = tanaman menghasilkan

NDVI meningkat dengan semakin tua kelas umur tanaman (Tabel 2), hal diduga karena semakin meningkatnya kerapatan tajuk (Zaitunah *et al.* 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa areal TM mempunyai NDVI \geq 0,423. Apabila merujuk pada kriteria Zaitunah *et al.* (2018), NDVI pada kelas umur <2 tahun dan 2-3 tahun termasuk kerapatan tajuk kurang lebat dan pada kelas umur 4-10 tahun dan >10 tahun termasuk kerapatan tajuk lebat.

Hasil penelitian Purba *et al.* (2013) pada kelapa sawit umur 3 tahun menunjukkan nilai NDVI minus dengan rata-rata -0,18, sementara penelitian ini pada kelas umur <2 tahun dan 2-3 tahun menunjukkan 0,398

dan 0,400. Hal ini diduga lokasi penelitian didominasi oleh genangan air sehingga nilai reflektan yang dihasilkan rendah karena kandungan klorofil yang sedikit. Selain itu tidak menggunakan metode konversi nilai *digital number* (DN) menjadi reflektan sehingga menyebabkan bias pada nilai piksel citra hasil perekaman. Sebaran dan luas areal berdasarkan klasifikasi NDVI di perkebunan kelapa sawit di Lanskap Sembilang Danguk seperti pada Tabel 3 dan Gambar 4.

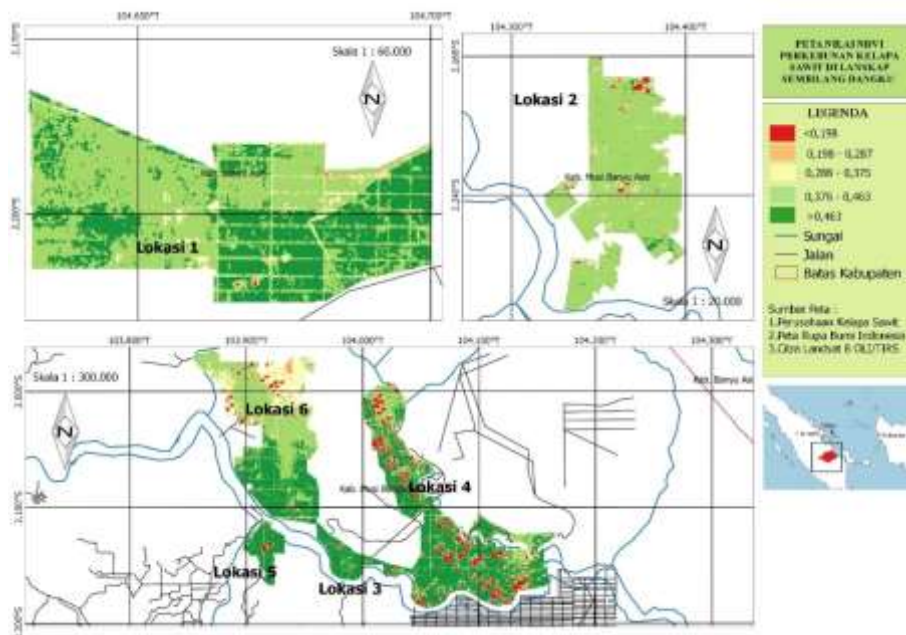
Tabel 3 menunjukkan bahwa NDVI berada pada nilai >0,463 yaitu sebesar 48% luas areal. Hal ini berarti areal didominasi oleh kelapa sawit dengan umur lebih dari 10 tahun. Sebesar 33% areal memiliki NDVI antara

0,376-0,463, yang menunjukkan bahwa areal berada pada kelas umur <2 tahun, 2-3 tahun dan 4-10 tahun.

Sisanya berupa lahan yang baru *land clearing* dan semak belukar.

Tabel 3. Luas area perkebunan kelapa sawit berdasarkan NDVI

No.	NDVI	Luas (ha)	Persentase (%)
1	< 0,198	1.023	3
2	0,198-0,287	3.202	9
3	0,288-0,375	2.368	7
4	0,376-0,463	11.779	33
5	>0,463	16.389	48
Luas Total		35.211	100



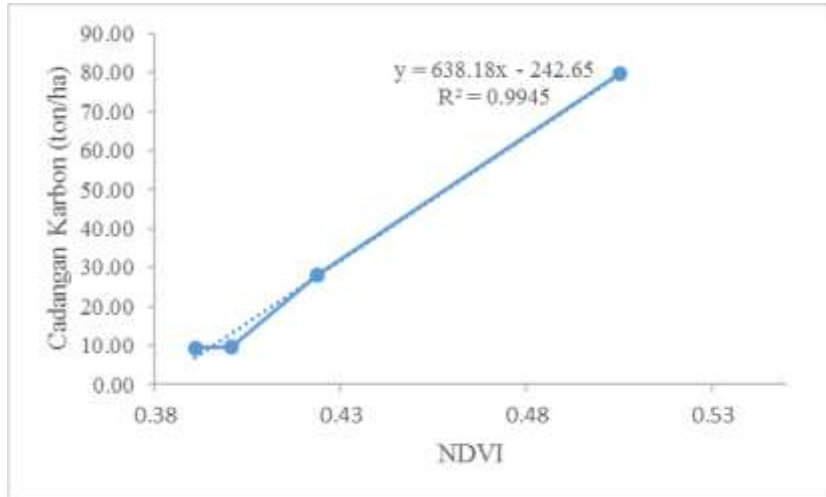
Gambar 4. NDVI pada perkebunan kelapa sawit di Lanskap Sembilang Danguku

3. Korelasi Antara NDVI dengan Estimasi Cadangan Karbon

Situmorang *et al.* (2016) menjelaskan bahwa NDVI dapat digunakan untuk menduga cadangan karbon. NDVI memiliki korelasi positif dengan cadangan karbon (Galidaki *et al.* 2017; Pareta dan Pareta (2011); Madonsela *et al.* 2018; Fillipa *et al.* 2018). Korelasi positif ini disebabkan oleh banyaknya CO₂ yang terserap saat proses fotosintesis sehingga mempengaruhi jumlah karbon tersimpan dalam vegetasi. NDVI yang semakin tinggi dipengaruhi semakin tingginya penyerapan

gelombang sinar merah dan biru serta semakin tingginya pemantulan gelombang sinar hijau (Purbaya *et al.* 2017).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara NDVI dengan cadangan karbon. Nilai koefisien korelasi (*r*) sebesar 0,9972 dengan persamaan regresi linier $Y = 638,13x - 242,65$ (Gambar 5). Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Purba *et al.* (2013) di perkebunan kelapa sawit dengan memperoleh persamaan regresi $Y = 38,39 + 26,24x$, yaitu $Y = \text{cadangan karbon}$ dan $x = \text{NDVI}$. Situmorang *et al.* (2016) melakukan penelitian di hutan produksi dengan hasil persamaan regresi $Y = 204,37x - 102,1$, yaitu $Y = \text{cadangan karbon}$ dan $x = \text{NDVI}$.



Gambar 5. Korelasi antara NDVI dengan cadangan karbon

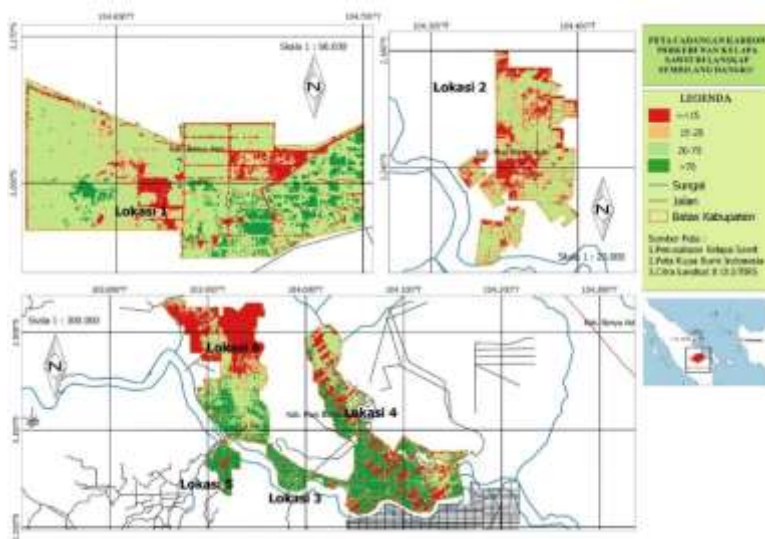
4. Pendugaan Sebaran Cadangan Karbon

Persamaan regresi linier yang dihasilkan mempunyai koefisien korelasi yang kuat, sehingga dapat digunakan untuk menduga luas sebaran cadangan karbon seperti disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 6. Sebagian besar areal (35,41%) memiliki cadangan karbon 26-70 tonC/ha, nilai ini menyerupai cadangan karbon pada

areal pohon-pohon muda hingga hutan yang beregenerasi. Sebagian areal (32,78%), nilai cadangan karbonnya menyerupai nilai cadangan karbon pada areal hutan yang terus beregenerasi menuju kondisi seperti hutan primer, sementara itu sisanya menyerupai wilayah dengan cadangan karbon yang rendah (Greenpeace 2013).

Tabel 4. Luas perkebunan kelapa sawit berdasarkan kelas cadangan karbon

No.	Cadangan karbon (tonC/ha)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	<15	9.336	26,52
2	15-25	1.880	5,29
3	26-70	12.458	35,41
4	>70	11.537	32,78
Total		35.211	100,00



Gambar 6. Peta cadangan karbon perkebunan kelapa sawit di Lanskap Sembilang Danguku

SIMPULAN

Cadangan karbon kelapa sawit mengalami peningkatan dengan semakin tua kelas umur tanaman dan terjadi peningkatan cadangan karbon yang signifikan antara kelas umur 4 - 10 tahun ke kelas umur > 10 tahun sebesar 51,6 ton C/ha. Secara lebih rinci, cadangan karbon pada kelas umur <2 tahun sebesar 9,50 ton C/ha, kelas umur 2-3 sebesar 9,62 ton C/ha, kelas umur 4 - 10 sebesar 28,23 ton C/ha, dan pada kelas umur >10 sebesar 79,83 ton C/ha.

Hubungan NDVI dengan cadangan karbon mempunyai korelasi yang kuat ($r=0,9972$) dengan persamaan regresi $Y = 638,13x - 242,65$; persamaan ini bersifat spesifik lokasi dan kelas umur tertentu. Sebaran cadangan karbon berdasarkan persentase luas wilayah seperti berikut: < 15 tonC/ha seluas 26,52%, 15-25 tonC/ha seluas 5,29%, 26-70 tonC/ha seluas 35,41%, dan >70 tonC/ha seluas 32,78%

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf AN, Zulkefly S, Adekundle SM, Samad MYA. 2017. Growth and biomass yield of oil palm (*Elaeis guineensis*) seedlings as influenced by different rates of vermicompost. *European Journal of Engineering Research and Science*. 2 (8): 17-21.
- [BPS]. Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2016*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [Ditjenbun]. Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. *Pedoman Budidaya Kelapa Sawit (Elaeis guineensis) yang Baik*. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Perkebunan.
- [Ditjenbun]. Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017*. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Perkebunan.
- Filippa G, Cremonese E, Migliavacca M, Galvagno M, Oliver S, Humpherys E, Hfkens K, Ryu Y, Verfaillie J, Cella UM, Richardson AD. 2018. NDVI derived from near-infrared-enabled digital cameras: applicability across different plant functional types. *Agricultural and Forest Meteorology*. (249): 275-285.
- Firdaus MS, Gandaseca S, Ahmed OH, Majid NM. 2012. Comparison of selected physical properties of deep peat within different ages of oil palm plantation. *International Journal of Physical Sciences*. 7(42): 5711-5716. DOI: 10.5897/IJPS12.441
- Galidaki G, Zianis D, Gitas I, Radoglou K, Karathanassi V, Tsakiri-Strati M, Woodhouse I, Mallinis G. 2016. Vegetation biomass estimation with remote sensing: focus on forest and other wooded land over the mediterranean ecosystem. *International Journal of Remote Sensing*. 38(7): 1940-1966.
- Ganie MA, Nusrath A. 2016. Determining vegetation indices (NDVI) from Landsat 8 satellite data. *International Journal of Advanced Research*. 4(31): 1459-1463.
- Greenpeace. 2013. *Identifikasi Hutan Berstok Karbon Tinggi untuk Perlindungan pada Hutan Alam dan Lahan Terdegradasi di daerah Tropis*. (Terhubung berkala). https://goldenagri.com.sg_pdfs/misc/HCS%20Briefer%20FINAL%20with%20graphic%20IND%20REVISED.pdf. [10 Juni 2018].
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. Bogor (ID): World Agroforestry Centre.
- Kauffman JB, Donato DC. 2012. *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Bogor (ID): CIFOR.
- [KELOLA Sendang]. *Kemitraan Pengelolaan Lanskap Sembilang Dangku*. 2017. Bogor (ID): Zoological Society of London.
- Lubis AR. 2011. Pendugaan cadangan karbon kelapa sawit berdasarkan persamaan allometrik di lahan gambut kebun meranti paham PT Perkebunan Nusantara IV Kabupaten Labuhan Batu Sumatera Utara. [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Lubis RE, Widanarko A. 2011. *Buku Pintar Kelapa Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): PT Agro Media Pustaka.
- Madonsela S, Cho MA, Ramoelo A, Mutanga, O, Naidoo, L. 2018. Estimating tree species diversity in the savannah using NDVI and woody canopy cover. *Internal Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 66: 106-115.
- Pareta K, Pareta U. 2011. Forest carbon management using satellite remote sensing techniques a case study of Sagar District. *E-International Scientific Research Journal*. 3(4): 335 – 348.
- [PKT] Plantation Key Technology. 2018. *Kapan Sawit Tidak Berbuah Lagi*. (Terhubung Berkala) . <http://sawitnotif.pkt-group.com/2018/02/03/kapan-sawit-tidak-berbuah-lagi/>. [16 Juli 2018].
- Prasetyo LB. 2017. *Pendekatan Ekologi Lanskap Untuk Konservasi Biodiversitas*. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Pratisto A. 2014. *Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*. Jakarta (ID): PT Elex Media Komputindo.
- Pulhin FB, Lasco RD, Urguiola JP. 2014. Carbon sequestration potential of oil palm in Bohol Philippines. *Ecosystem and Development Journal*. 4(2): 14-19.
- Purba KD, Rahmawaty, Riswan. 2013. Pendugaan cadangan karbon above ground biomass (AGB) pada tegakan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

- di Kabupaten Langkat. *Peronema Forestry Science Journal*. 2(1): 39-46.
- Purbaya DA, Rushayati SB, Prasetyo LB. 2017. Spectral radiation of tree leaves in Bogor Agricultural University Campus. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 54 (2017) 012067. DOI:10.1088/1755-1315/54/1/012067.
- Rosoman G, Sheun SS, Opal C, Anderson P, Trapshah R. 2017. *The HCS Approach Toolkit*. Singapura: HCS Approach Steering Group.
- Sabiham S. 2013. *Sawit dan Lahan Gambut Dalam Pembangunan Kelapa Sawit di Indonesia*. Bogor (ID): Himpunan Gambut Indonesia.
- Situmorang JP, Sugianto S, Darusman. 2016. Estimation of carbon stock stands using EVI and NDVI vegetation index in production forest of Lembah Seulawah Sub-district, Aceh Indonesia. *Aceh International Journal of Science Technology*. 5(3): 126-139.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2011. *Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Tanaka A, Makino A. 2009. Photosynthetic research in plant science. *Plant and Cell Physiology*. 50(4): 681-683.
- Tovar CLM. 2011. NDVI as indicator of forest degradation. *Unasylva*. 62(2): 39-46.
- [USGS] United States Geological Survey. 2018. Using the USGS Landsat 8 Product. (terhubung berkala). <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. [28 Mei 2018].
- Veloo R, va Ranst E, Selliah P. 2015. Peat characteristics and its impact on oil palm yield. *Wageningen Journal of Life Sciences*. 72-73 (2015): 33-40.
- Verhulst N, Govaerts B. 2010. *The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Green Seeker TM Handheld Sensor: Toward the Integrated Evaluation of Crop Management. Part A: Concepts and case studies*. Mexico: CIMMYT.
- Yahya H. 2007. *Photosynthesis The Green Miracle*. Istanbul: Global Publishing.
- Yulianto. 2015. Pendugaan cadangan karbon tersimpan pada kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan analisis kesuburan tanah di perkebunan PT Daria Dharma Pratama Ipuh Bengkulu. [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zaitunah A, Samsuri, Ahmad AG dan Safitri RA. 2018. Normalized difference vegetation index (NDVI) analysis for land cover types using landsat 8 OLI in Besitang Watershed, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 126(1): 1-9.
- Zhang H, Wang K, Xu X, Song T, Xu Y, Zeng F. 2015. Biogeographical patterns of biomass allocation in leaves, stems and roots in China's forests. *Scientific Report*. 5(15997): 1-12.