

PENDUGAAN CADANGAN KARBON ATAS PERMUKAAN MENGUNAKAN CITRA SATELIT DI AREAL IJIN INDUSTRI METANOL KECAMATAN BENGALON

Mufti Perwira Putra¹, Muli Edwin², Oktapianus³

^{1,2} Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur

³ Program Studi Kehutanan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur
Jln. Soekarno-Hatta No.1 sangatta, Kabupaten Kutai Timur

Email : muftiotie@gmail.com
Email : muliedwin@stiperkutim.ac.id

Penulis korespondensi : muftiotie@gmail.com

Submit : 15-11-2022

Revisi : 8-12-2022

Diterima : 10-12-2022

ABSTRACK

This study aimed to analyze the above-surface carbon stocks in an area that will be carried out by a methanol industrial company in Sekerat, Bengalon District, East Kalimantan. This research was conducted with a quantitative analysis approach. Land cover analysis was carried out by applying Geographic Information System technology and aboveground carbon analysis was carried out using allometric equations. The results found 12 types of land cover types. The 7 types of land cover are non-vegetative areas, vacant land, settlements, industrial buildings, swamp grass, hauling roads, highways, and lakes with a total area of 222.09 ha. The other 5 types of land cover are vegetated areas, namely secondary wetland forest, secondary dryland forest, shrubs, mangroves, and coastal forest with a total area of 855.70 ha. Based on the analysis, it was known that the total surface carbon stock is 176.80 tons/ha. The largest carbon stock was found in a secondary dryland forest at 46.11 tons/ha and the smallest in shrubs at 0.34 tons/ha.

Key word : Above ground, carbon stock, Land cover, Remote sensing imagery

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis cadangan karbon atas permukaan pada areal yang akan dilakukan *land clearing* oleh perusahaan industri methanol di Sekerat Kecamatan Bengalon, Kalimantan Timur. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan analisis kuantitatif. Analisis tutupan lahan dilakukan dengan penerapan teknologi Sistem Informasi Geografis dan analisis karbon atas permukaan dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik. Hasil ditemukan sebanyak 12 jenis tipe tutupan lahan. Pada 7 jenis tipe tutupan lahan tersebut merupakan areal non vegetasi yaitu lahan kosong, pemukiman, bangunan industri, rumput rawa, jalan hauling, jalan raya, dan danau memiliki total luasan sebesar 222,09 ha. Pada 5 tipe tutupan lahan lainnya merupakan areal bervegetasi yaitu hutan lahan basah sekunder, hutan lahan kering sekunder, semak belukar, mangrove dan hutan pantai dengan luas total 855,70 ha. Berdasarkan analisis diketahui cadangan karbon atas permukaan total 176,80 ton/ha. Cadangan karbon terbesar ditemukan pada hutan lahan kering sekunder sebesar 46,11 ton/ha dan terkecil pada semak belukar sebesar 0,34 ton/ha.

Kata Kunci : Atas permukaan, Cadangan karbon, Citra penginderaan jauh, Tutupan lahan

1. Pendahuluan

Hutan tropis Kalimantan berada di bawah tekanan yang parah dari berbagai aktivitas penggunaan lahan ekstensif yang didominasi oleh penebangan, perkebunan kelapa sawit, kebakaran hutan dan lahan dan lainnya. Untuk melaksanakan moratorium hutan yang

didasari emisi gas rumah kaca, maka pemerintah Indonesia membutuhkan informasi tentang karbon yang tersimpan (Ferraz et al., 2018). Hutan tropis memiliki cadangan karbon yang besar dan berkontribusi pada sejumlah besar biomassa di atas dan di bawah tanah dalam siklus karbon secara global. Teknologi penginderaan jauh bisa memberikan banyak keuntungan dalam mengukur dan memetakan struktur hutan dan pemantauan serta pemetaan biomassa di atas tanah yang bersifat temporal dan akurat secara spasial. Informasi stok karbon di atas permukaan tanah dapat diperoleh secara konvensional, tetapi memerlukan biaya, sumber daya, dan waktu yang besar, untuk itu diperlukan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Keseluruhan wilayah Kecamatan Bengalon yang cukup luas terdapat di daratan dan juga langsung dengan laut dengan pantai yang indah dan potensi kelautannya. Beberapa wilayahnya dibelah oleh anak sungai dan sungai, sedangkan transportasi sebagian besar melalui jalan darat yang merupakan sarana utama bagi masyarakat didalamnya (BPS Kutai Timur, 2021).

Hutan, tanah-laut dan atmosfer merupakan tempat penyimpanan karbon yang berpindah secara dinamis yang disebut kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Pembakaran bahan bakar fosil dapat meningkatkan karbon di atmosfer. Tumbuhan dapat mengurangi karbon di atmosfer dengan fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Semua komponen penyusun vegetasi merupakan bagian dari biomassa atas permukaan, sedangkan akar merupakan kantong karbon di bawah permukaan. Jumlah biomassa hutan dan cadangan karbon tergantung dari fotosintesis. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh keragaman jenis pohon, jenis tanah, produksi serasah dan umur pohon (Mustikaningrum, 2022).

Maraknya pemanfaatan lahan dalam skala luas akan menurunkan cadangan karbon atas permukaan, sehingga perlu dilakukan inventarisasi terhadap lahan yang telah mengalami degradasi. Bagaimana pemanfaatan teknologi sistem informasi geografis dalam menduga cadangan karbon terhadap lahan yang telah dibuka atau vegetasi yang telah diekplotasi. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis cadangan karbon atas permukaan pada areal lahan yang akan dilakukan *land clearing* oleh PT. Batuta Chemical Industrial Park (BCIP) di Sekerat Kecamatan Bengalon, Kalimantan Timur.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Areal Rencana Land Clearing PT. Batuta Chemical Industrial Park (BCIP) di Sekerat, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur pada bulan Februari-Mei 2021. Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data primer yaitu pengecekan langsung di lapangan (*ground check*) dan data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait atau literatur. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak

ArcMap 9.3 dengan dukungan *ArcToolbox, Xtools Pro 5.3*. Klasifikasi terbimbing digunakan untuk mengontrol tipe penutupan lahan yang benar untuk citra. Klasifikasi ini menggunakan citra *landsat TM8 path/row 116-060* liputan tahun 2017 yang telah melalui proses koreksi. Data *raster* (pengambilan data lapangan menggunakan *Global Positioning System (GPS)*) dibuat dalam bentuk tabular (*data base system*).

Analisis data menggunakan metode *Moderate/Low Resolution Multispectral Imagery (MRMI)* berdasarkan nilai indeks vegetasi (*NDVI= Normalized Difference Vegetation Index*). Menurut Yengoh et al., (2016), transformasi *NDVI* mengikuti persamaan $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$. Nilai *NDVI* berkisar antara -1 sampai 1, dimana nilai *NDVI* yang rendah (negatif) mengidentifikasi daerah bebatuan, pasir dan salju. Nilai *NDVI* yang tinggi (positif) mengidentifikasi wilayah vegetasi baik berupa padang rumput, semak belukar maupun hutan.

Lokasi penelitian ini berada di tanah mineral dan cadangan karbon tanah mineral relatif tetap, maka perhitungan cadangan karbon hutan hanya dilakukan pada biomassa di atas tanah. Estimasi biomassa atas permukaan banyak dilakukan dengan persamaan allometrik, yaitu menduga berat seluruh pohon berdasarkan salah satu ukuran dimensi pohon (misalnya diameter pohon) (SNI 7724, 2011) (SNI 7725, 2011). Beberapa persamaan allometrik telah dikembangkan dan digunakan dalam menghitung biomassa pohon dalam tegakan hutan alam tropis adalah sebagai berikut (Brown, 1987) :

1. Hutan Sekunder dan semak belukar menggunakan rumus persamaan allometrik $B= 0,118 \times 0,45 \times D^{2,31}$
2. Mangrove menggunakan rumus persamaan allometrik $Y= 0,2062 \times 0,45 \times D^{2,34}$
3. Hutan pantai menggunakan rumus persamaan allometrik $BK= 0,11 \times 0,84 \times D^{2,62}$

3. Hasil dan Pembahasan

Areal Kerja Perusahaan Methanol

Penelitian ini dilakukan di kawasan rencana Industri PT. Batuta Chemical Industrial Park (BCIP) terletak di wilayah Desa Sekerat, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Kawasan ini terletak pada koordinat lokasi seperti yang di sajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Koordinat titik-titik sudut lokasi PT. BCIP

No.	Titik Sudut	Latitude	Longitude
1	A(Sudut Utara)	0° 46' 23.09" N	117° 43' 46.73" E
2	B(Sudut Timur)	0° 45' 24.21" N	117° 45' 10.95" E
3	C(Sudut Selatan)	0° 43' 52.73" N	117° 44' 13.25" E
4	D(Sudut Barat)	0° 45' 21.39" N	117° 42' 56.47" E

Sumber: Buku Amdal PT BCIP Tahun 2012.

Izin lokasi yang dimiliki oleh PT. BCIP sesuai dengan keputusan Keputusan Bupati Kutai Timur No. 647/K-789/HK/XII/2011 tanggal 28 Desember 2011 tentang Izin Lokasi untuk Keperluan Pengembangan Industri Kimia kepada PT. BCIP seluas 943,8 Ha yang terletak di Kecamatan Bengalon Kabupaten Kutai Timur.

Secara umum, pemanfaatan lahan yang totalnya seluas 943,8 Ha digunakan sebagai lahan yang tertutup bangunan dan material kedap air seluas 545 Ha (57,75%) dan ruang terbuka hijau seluas 398,8 Ha (42,25%). Ruang terbuka hijau, yaitu ruang terbuka hijau kawasan industri, ruang terbuka hijau pada setiap kavling industri, dan ruang terbuka hijau perumahan karyawan.

Tabel 2. Pemanfaatan lahan kawasan industri kimia PT. BCIP.

No.	Jenis Penggunaan	Luas Areal	
		Ha	%
I	Lahan Tertutup Bangunan dan Material Kedap Air	545	57,75%
A	Sarana dan Prasarana Pendukung		
	1. Jalan dan saluran drainase	60	6,36
	2. Kantor, kantin dan lapangan parkir kawasan	5	0,53
	3. Power Plant	10	1,06
	4. Instalasi Pengelolaan Air Baku (intake industri)	5	0,53
	Jumlah A	85	9,01
B	Kavling Industri		
	Pabrik termasuk bangunan, kantor, jalan, parkir, dll	360	38,14
	Jumlah B	360	38,14
C	Housing		
	Bangunan dan Jalan	100	10,60
	Jumlah C	100	10,60
II	Ruang Terbuka Hijau		
A	Kawasan Industri		
	Ruang Terbuka Hijau Kavling Kawasan Industri	58,8	6,23
	Jumlah A	58,8	6,23
B	Kavling Industri		
	Ruang Terbuka Hijau Kavling Industri (40%)	240	25,43
	Jumlah B	240	25,43
C	Housing		
	Ruang Terbuka Hijau Housing (50%)	100	10,60
	Jumlah C	100	10,60
	Jumlah 2 (A+B+C)	398,8	42,25
	Total (I+II)	943,8	100

Sumber: Buku Amdal PT. BCIP Tahun 2012.

Potensi Flora

Areal rencana kawasan pabrik kimia PT. BCIP terdapat beberapa vegetasi mangrove, vegetasi pantai, vegetasi sekunder, vegetasi budidaya, vegetasi pelindung dan vegetasi penutup, namun tidak terdapat komunitas tumbuhan yang tergolong spesifik atau unik. Berdasarkan hasil pengamatan beberapa vegetasi sebagai berikut :

Tabel 3. Vegetasi di areal rencana PT BCIP

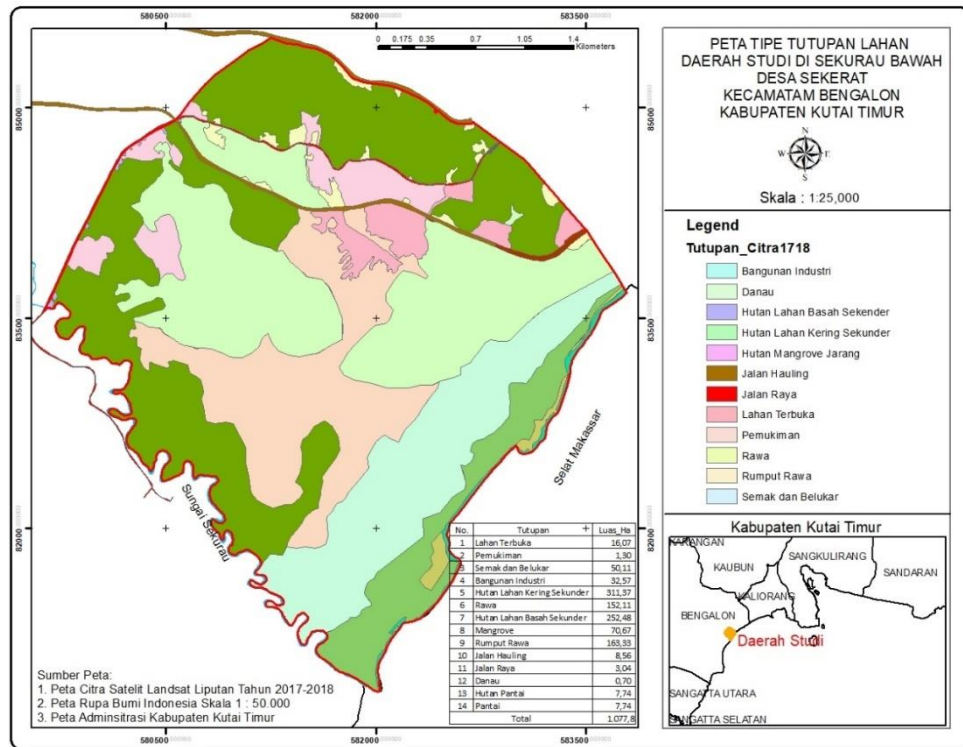
Vegetasi	Tumbuhan
Mangrove	- Api-api (<i>Avicenia sp</i>) - Bakau (<i>Rhizophora</i>) - Legadai (<i>Bruguria</i>)
Pantai	- Dadap laut (<i>Rethryna variegata</i>) - Ketapang (<i>Terminalia catappa</i>) - Bayur Laut (<i>Heritrea littoralis</i>)
Pelindung	- Akasia daun panjang (<i>Acassia auriculariformis</i>) - Cemara (<i>Casuarina sp</i>) - Beringin (<i>Ficus sp.</i>)
Budidaya	- Cempedak (<i>Artocarpus champeden</i>) - Jambu air (<i>Shirigium aquae</i>) - Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)
Hias	- Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i>) - Mawar (<i>Rosa sinensis</i>) - Hanjuang (<i>Cordiline sp</i>)
Penutup	- Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i>) - Glagah (<i>Sacharum spontaneum</i>) - Rumput teki (<i>Chrsopogon rotundus</i>)

Estimasi Cadangan Karbon Berdasarkan Tipe Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil analisis data citra Landsat liputan Tahun 2017 sampai 2018 dengan metode overlay telah diketahui ada 12 tipe tutupan lahan (Peta Gambar 1). Semua tipe tutupan tersebut berada di dalam areal ijin industri PT. Batuta Chemical Industrial Park (BCIP). Dari luas total tutupan ditemukan sekitar 79% merupakan tutupan lahan bervegetasi mulai dari hutan sekunder, semak belukar sampai hutan pantai. Selanjutnya sekitar 21% merupakan tutupan lahan non vegetasi berupa tubuh air (sungai dan danau), pemukiman (bangunan), jalan hauling batu bara, jalan raya (Jalan PU) dan rawa.

Tabel 4. Luas dan tipe tutupan lahan di Areal PT. BCIP

No.	Tutupan Lahan	Luas (ha)	Luas (%)
1	Lahan Kosong	16,1	1,5
2	Pemukiman	1,3	0,1
3	Semak Belukar	50,1	4,6
4	Bangunan Industri	32,6	3,0
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	311,4	28,9
6	Rumput Rawa	92,7	8,6
7	Hutan Lahan Basah Sekunder	233,4	21,7
8	Hutan Mangrove Jarang	164,7	15,3
9	Rawa	163,3	15,3
10	Jalan Hauling	8,6	0,8
11	Jalan Raya	3,0	0,3
12	Danau	0,7	0,1
	Luas Total	1.077,8	100,0



Gambar 1. Peta tipe tutupan lahan PT.BCIP

Perhitungan luasan tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan Tool *Calculate Geometry* pada tabel atribut setiap kelas tutupan lahan, pertama kali didapat dalam satuan meter kemudian diubah menjadi hektar dengan *Calculate* perubahan luasan tutupan lahan dihitung menggunakan excel. Menurut Nugroho, (2017), nilai transformasi NDVI pada tahun 2006 di Kecamatan Ngaglik memiliki rentang dari 0,00 - 0,75 dan pada tahun 2012 nilai NDVI dari 0,12.7 - 0,70.2 yang mengalami penurunan sebesar 0,5. Kerapatan vegetasi mengalami perubahan pada kelas kerapatan sedang sebanyak 282,60 Ha sedangkan kelas kerapatan rapat sebesar 232,28 Ha.

Berdasarkan hasil dari pengelompokkan melalui citra satelit (ArcGis) dan penyesuaian dengan data lapangan terdapat 12 jenis tutupan lahan yaitu hutan lahan kering sekunder merupakan jenis tutupan lahan yang mempunyai luas areal terbesar, yaitu 311,4 Ha atau 28,9%. Hutan lahan basah sekunder memiliki luas lahan sebesar 233,4 Ha atau 21,7%. Jenis-jenis tutupan lahan lainnya adalah tutupan lahan kosong memiliki luasan sebesar 16,1 Ha atau 1,5%, tutupan lahan pemukiman 1,3 Ha atau 0,1%, tutupan lahan bangunan semak belukar 50,1 Ha atau 4,6%, tutupan lahan bangunan industri 32,6 Ha atau 3,0%, tutupan lahan rumput rawa 92,7 Ha atau 8,6%, tutupan lahan hutan mangrove jarang 164,7 Ha atau 15,3%, tutupan lahan rawa 163,3 Ha atau 15,2%, tutupan lahan hauling 8,6 Ha atau 0,8%, tutupan lahan jalan raya 3,0 Ha atau 0,3%, tutupan lahan danau 0,7 Ha atau 0,1%.

Estimasi Cadangan Karbon

Estimasi cadangan karbon pada 5 tipe tutupan vegetasi berkarbon adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Estimasi biomassa dan cadangan karbon per hektar pada vegetasi berkarbon

No.	Tutupan	Biomassa (Kg/ha)	C (Ton/ha)
1	Semak dan Belukar	763,59	0,34
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	102.464,05	46,11
3	Hutan Lahan Basah Sekunder	157.903,03	71,06
4	Mangrove	32.378,74	14,57
5	Hutan Pantai	99.373,32	44,72
Total		392.882,73	176,80

Karbon tersimpan atas permukaan yang terkecil ditemukan pada lahan Semak Belukar sebesar 0,34 ton C/ha. Lahan tersebut memiliki akses atau jangkauan yang tidak jauh dari pemukiman warga Sekurau Bawah dan sekitarnya. Menurut Azham, (2015), kandungan karbon bagian atas (*Above Ground Carbon*) di Kota Samarinda tahun 2015 untuk semak sebesar 19,32 ton/Ha dan belukar sebesar 31,14 ton/hektar.

Pada hutan mangrove di lokasi studi, karbon tersimpan ditemukan sebesar 14,57 ton/ha. Pola distribusi *aboveground biomass* (AGB) pada ekosistem mangrove Peniti Kalimantan Barat. kerapatan tegakan mangrove berkisar antara 38 sampai 185 inci/ha, dengan rata-rata $88,25 \pm 66,15$ inci./ha. AGB tegakan hutan mangrove berkisar antara 8,85 sampai 84,82 Mg/ha dengan total AGB terbesar terdistribusi pada kelas diameter tegakan lebih dari 80 cm (Rafidinal et al., 2019). Menurut Yaqin et al., (2022), estimasi simpanan karbon dikawasan desa Tugurejo Semarang yaitu terdapat 2 jenis mangrove (*Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*) memiliki kandungan karbon pada tegakan mangrove sebesar 399,06 tonC/ha dan Serapan CO₂ pada tegakan sebesar 1.463,22 ton/ha.

Pada hutan lahan kering dan lahan basah sekunder yang berada di lokasi studi tersimpan cadangan karbon yang di temukan sebesar 46 – 71,06 ton C/ha. Hal tersebut dikarenakan adanya kegiatan masyarakat memanfaatkan kayu yang berdiameter besar dan peralihan lahan hutan oleh pihak perusahaan, sehingga pohon-pohon besar berkurang dan yang tersisa hanya pohon-pohon yang berdiameter sedang atau kecil saja. Menurut Antono, (2013), hasil analisis terhadap citra ALOS PALSAR pada kuasa pertambangan PT Insani Bara Perkasa yang terletak pada perbatasan Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Kutai Barat, Propinsi Kalimantan Timur menghasilkan potensi simpanan karbon sebesar 7,83 ton/ha pada daerah reklamasi dan 9,19 ton/ha pada daerah hutan sekunder. Sedangkan estimasi serapan karbon di daerah reklamasi sebesar 8.701,205 ton/ha dan 247.836,444 ton/ha pada daerah hutan sekunder. Data tersebut menunjukkan bahwa kegiatan reklamasi di area studi masih memberikan kontribusi yang kecil terhadap

penyerapan karbon. Rusdiana & Lubis, (2012), menambahkan bahwa sifat kimia dan kandungan hara tanah menunjukkan status kesuburan tanah. Tanah yang memiliki kandungan unsur P di dalam tanah sangat rendah sehingga kesuburan tanahnya rendah. Uji korelasi antara karakteristik atau kualitas tempat tumbuh terhadap simpanan karbon (C-stock) menunjukkan bahwa pH, C-organik, BO, N-total, dan kalium tanah memiliki korelasi atau pengaruh terhadap karbon tersimpan.

Pada lokasi hutan pantai yang berada pada lokasi studi ditemukan cadangan karbon yang tersimpan sebesar 44 ton C/ha. Di hutan pantai terdapat pohon yang paling besar berdiameter 41 cm dan yang terkecil 0,2 cm. Menurut Danarto et al., (2018), Cagar Alam Pulau Sempu didominasi oleh vegetasi hutan dataran rendah yaitu vegetasi hutan mangrove dan hutan pantai serta vegetasi rawa-rawa di daerah Telaga Dowo dan Telaga Sat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai cadangan karbon pada kawasan ini sebesar 152.30 ± 7.19 ton C/ha. Nilai keragaman tegakan di hutan pantai tinggi dengan dominansi *Drypetes longifolia* dan *Maranthes corymbosa*. Kontributor Nilai cadangan karbon pada vegetasi hutan pantai terbesar adalah jenis tegakan dengan diameter ≥ 20 cm yaitu *Maranthes corymbosa*.

Berdasarkan tiap jenis tutupan lahan pada areal ijin kerja industri kimia PT. BCIP, maka dapat di estimasi cadangan karbon berdasarkan luas total tiap tipe tutupan lahan di lokasi studi. Seperti terlihat pada Tabel berikut.

Tabel 6. Estimasi cadangan karbon berdasarkan luas pada tiap tipe tutupan lahan

No.	Tutupan	Total Luas (ha)	Total Biomassa (Ton)	Total C (Ton)
1	Semak dan Belukar	50,11	38.255,66	17,22
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	311,37	31.907.305,46	2.126,02
3	Hutan Lahan Basah Sekunder	252,48	36.854.753,96	5.049,06
4	Hutan Mangrove Jarang	70,67	5.332.777,73	212,37
5	Hutan Pantai	7,74	769148,7522	1999,70
	Total	692,37	7.728.765.860,85	9.404,37

Berdasarkan analisis di lokasi studi tipe tutupan lahan hutan lahan kering sekunder memiliki luasan total terbesar dibandingkan dengan tipe tutupan lahan lainnya yaitu 311,37 ha dan memiliki total biomassa sebesar 34.837,78 ton dengan total karbon sebesar 14.357,27 ton. Di hutan lahan basah sekunder yang memiliki luasan sebesar 252,48 ha dengan total biomassa terbesar dari tipe tutupan lainnya yaitu 53.687,03 ton dengan total karbon terbesar 17.941,23 ton. Ini disebabkan pada lahan hutan basah sekunder memiliki vegetasi kayu dengan diameter rata-rata besar.

Pada tipe tutupan lahan semak belukar memiliki total luas sebesar 50,11 ha dengan total biomassa 259,62 dan total karbon 17,04 ton. Tipe tutupan lahan semak belukar sangat

kecil, ini dikarenakan kurangnya vegetasi pada lahan studi. Kemudian pada hutan pantai memiliki total luas sebesar 7,74 ha dengan total biomassa 33.785,93 ton dan total karbon 346,13 ton. Hutan mangrove mempunyai luas total sebesar 70,67 ha dengan biomassa 33.786,93 ton dan total karbon sebesar 346,13 ton dengan luas 252,48 ha. Jadi hutan lahan basah sekunder mempunyai cadangan karbon paling besar dari 4 tipe tutupan lainnya dan cadangan karbon terkecil yaitu semak belukar sebesar 17,04 ton dengan luas 50,11 ha.

Menurut Permata & Rahayu, (2021), tutupan lahan dengan cadangan karbon tinggi yang paling utama yakni tutupan lahan Hutan Lahan Kering Primer dan Hutan Lahan Kering Sekunder. Hutan Lahan Kering Primer memiliki cadangan karbon 3.719.939,10 Ton C (2008) menjadi 220.072,95 Ton C (2018), sedangkan Hutan Lahan Kering Sekunder dari 3.426.173,60 Ton C (2008), menjadi 563.449,51 Ton C (2018). Perubahan tutupan lahan yang mengalami konversi memberikan dampak terhadap cadangan karbon suatu wilayah dimana alih fungsi lahan menjadi faktor utama penurunan cadangan karbon. Menurut Setiawan et al., (2015), Kabupaten Bogor pada periode tahun 2000 sampai 2014 mengalami perubahan penggunaan lahan secara dinamis dengan perubahan paling banyak adalah kebun campur, lahan sawah, tanah terbuka, dan semak yang dikonversi menjadi pemukiman yaitu sebesar 33.283 ha (11.12% dari luas Kabupaten Bogor). Hasil perhitungan emisi tahun 2000-2014 menunjukkan bahwa laju emisi historis total tahunan paling besar pada periode tahun 2005-2009 sebesar 668.322,88 ton CO₂-eq/tahun.

4. Kesimpulan

Analisis citra terhadap lahan rencana industri methanol diketahui memiliki luas sebesar 1.077,8 hektar dengan jumlah tipe tutupan lahan sebanyak 12 dengan tipe tutupan non vegetasi sebanyak 7 tipe dan lahan bervegetasi sebanyak 5 tipe dengan luasan sebesar 692,37 ha. Total biomassa atas permukaan (*aboveground biomass*) sebesar 392.882,73 Kg/ha. Cadangan karbon atas permukaan (*above ground carbon stock*) sebesar 176,80 ton C/Ha. Kisaran cadangan karbon di lokasi studi, yaitu 0,34 – 71,06 ton C/Ha terbesar ditemukan pada hutan lahan basah sekunder dan terkecil ditemukan pada lahan semak belukar.

Daftar Pustaka

- Antono, H. T. (2013). Estimasi pendugaan biomassa hutan sekunder dan daerah reklamasi menggunakan data Citra Alos Palsar. *Statistika*, 13(2), 93–101.
- Azham, Z. (2015). Estimasi cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder, semak dan belukar di Kota Samarinda. *Agrifor : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Kehutanan*, 14(2), 325–338.
- BPS Kutai Timur. (2021). *Kecamatan Bengalon dalam Angka 2020*. BPS Kutai Timur.

- Brown, S. (1987). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Danarto, S. A., Abywijaya, I. K., & Hendrian, R. (2018). Vegetation Diversity and Carbon Storage of Coastal Forest in Sempu Island Nature Reserve East Java. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(3), 319–329. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.3.319-329>
- Ferraz, A., Saatchi, S., Xu, L., Hagen, S., Chave, J., Yu, Y., Meyer, V., Garcia, M., Silva, C., Roswintiart, O., Samboko, A., Sist, P., Walker, S., Pearson, T. R. H., Wijaya, A., Sullivan, F. B., Rutishauser, E., Hoekman, D., & Ganguly, S. (2018). Carbon storage potential in degraded forests of Kalimantan, Indonesia. *Environmental Research Letters*, 13(9), 095001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad782>
- Mustikaningrum, D. (2022). *Serapan Karbon Hutan Produksi*. CV. Bintang Semesta Media.
- Nugroho, A. (2017). Analisis kerapatan vegetasi di Kecamatan Ngaglik tahun 2006 dan 2016 menggunakan teknik penginderaan jauh. *Geo Educasia*, 2(3), 306–320.
- Permata, I., & Rahayu, S. (2021). Estimasi cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 10(3), 220–230.
- Rafdinal, R., Rizalinda, R., & Minsas, S. (2019). Pola Distribusi Aboveground Biomass Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kalimantan Barat. *Life Science*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29984>
- Rusdiana, O., & Lubis, R. S. (2012). Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (carbon stock) pada hutan sekunder. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(1), 14–21.
- Setiawan, G., Syaufina, L., & Puspaningsih, N. (2015). Estimasi hilangnya cadangan karbon dari perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 5(2), 141–147.
- SNI 7724. (2011). *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. www.bsn.go.id
- SNI 7725. (2011). *Penyusunan Persamaan Alometrik Penaksiran Cadangan Karbon Hutan* (Patent No. 7725).
- Yaqin, N., Rizkiyah, M., Putra, E. A., Suryanti, S., & Febrianto, S. (2022). Estimasi Serapan Karbon pada Kawasan Mangrove Tapak di Desa Tugurejo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1), 19–29. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.38256>
- Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker III, C. J. (2016). *Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24112-8>