

PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK ESTIMASI STOK KARBON DI AREA REKLAMASI PT. ANTAM UBPE PONGKOR, KABUPATEN BOGOR

The Application of Remote Sensing for Estimating of Carbon Stock at Reclamation Area of PT. ANTAM UBPE Pongkor, Bogor Regency

Andini Tribuana Tunggadewi^a, Lailan Syaufina^b dan Nining Puspaningsih^c

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 — atreebutd@gmail.com

^b Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^c Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. Mining is an environment-altering activity especially on land by reducing landcover and stored carbon. PT ANTAM, a prominent mining company in an industrial scale, is doing reclamation in order to restore the ability of the land to its optimum function. Reclamation in the relation with global warming, is an efforts to mitigate climate change by increasing the ability of land to absorb carbon (revegetation). Therefore land cover monitoring at reclamation area becomes an important thing to do, one way to do it is by using remote sensing. Not only for land cover, remote sensing also can be used to estimate carbon stocks. Based on visual interpretation of google earth image data in 2007, there were five classes of secondary forest at reclamation area of PT ANTAM UBPE Pongkor : class A (tight forest) covering 8,65 ha; class B (medium forest) covering 0,88 ha; class C (sparse forest) covering 1,57 ha; and class D (shrubs) covering 0,92 ha. Meanwhile, the calculation of carbon stocks based on three sampling locations that representing secondary forest classes A, B, and C, resulting estimated average carbon stock in the whole reclamation area of PT ANTAM UBPE Pongkor is 113,79 tons/ha.

Keywords: mining, reclamation, google earth image data, carbon stock

(Diterima: 15-04-2014; Disetujui: 03-07-2014)

1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan sebagai salah satu bentuk pemanfaatan lahan, dalam pelaksanaannya akan selalu menimbulkan dampak terhadap lingkungan (Kusuma 2009). Seiring dengan adanya isu pemanasan global, penurunan luas tutupan lahan yang disebabkan kegiatan pertambangan secara tidak langsung akan menurunkan kemampuan lahan dalam menyerap karbon sehingga GRK di atmosfer kemudian meningkat. Berdasarkan itu maka kegiatan reklamasi di kawasan pertambangan dapat dikatakan sebagai salah satu upaya mitigasi perubahan iklim, melalui peningkatan kemampuan lahan menyerap karbon dengan revegetasi (Rahayu *et al.* 2008).

Peningkatan kemampuan lahan menyerap karbon dapat terlihat dengan menghitung *carbon pool*, dimana menurut Sutaryo (2009) setidaknya terdapat empat, antara lain: biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati, dan karbon organik tanah. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan, seperti batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah. Biomassa bawah permukaan merupakan semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan.

Sutaryo (2009) juga menyatakan terdapat empat cara untuk menghitung biomassa, antara lain: *sampling* dengan pemanenan (*destructive sampling*), *sampling* tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*), pendugaan melalui penginderaan jauh, dan pembuatan model. Pendugaan biomassa menggunakan penginderaan jauh dilakukan melalui analisis data yang diperoleh dari waktu tempat tertentu tanpa kontak langsung dengan objek atau daerah yang dikaji. Data yang umum digunakan dalam penginderaan jauh berupa citra digital yang direkam melalui sensor non-kamera berupa satelit seperti: Landsat ETM+, SPOT, NOAA, *Quickbird*, dan *Ikonos*.

Pendugaan stok karbon pada lahan yang luas umumnya menggunakan data citra satelit Landsat ETM+ atau SPOT, seperti yang dilakukan Dahlan (2005) yang mengestimasi stok karbon tegakan *Acacia mangium* menggunakan Landsat ETM+ dan SPOT-5. Dahlan (2005) mengembangkan model penduga kandungan karbon menggunakan pendekatan statistik berdasarkan hubungan antara *digital number* dan indeks vegetasi yang diperoleh dari data citra, dimana untuk kandungan karbonnya diukur berdasarkan plot contoh. Hasil penelitian menunjukkan model penduga kandungan karbon terbaik diperoleh dari Landsat ETM+.

Berbeda dengan penelitian Dahlan (2005), kegiatan reklamasi di perusahaan tambang umumnya tidak seluas lahan hutan tanaman, sehingga pendugaan stok karbon dengan penginderaan jauh menggunakan Landsat ETM+ atau SPOT akan sulit dilakukan. Oleh karena itu, pendugaan stok karbon dengan penginderaan jauh pada luasan lahan yang kecil akan lebih baik menggunakan data citra satelit dengan resolusi spasial yang tinggi seperti: *Quickbird* atau *Ikonos*. Namun terdapat kendala yang ditemui yaitu terbatasnya akses data citra dengan resolusi spasial tinggi (berbayar), maka diperlukan alternatif data citra lain yang mudah diakses dengan resolusi spasial yang juga tinggi.

Salah satu alternatif data citra yang mudah diakses dengan resolusi spasial yang cukup tinggi adalah data citra *Google Earth*. Akan tetapi terdapat kekurangan dari data citra *Google Earth*, antara lain (Isnandar N 2008): tidak ada informasi metadata mengenai perolehan data citra yang digunakan dan seberapa besar akurasi citra yang diberikan, serta citra disimpan dalam format JPEG sehingga belum *georeference*. Selain itu data citra yang ditampilkan pada *Google Earth* berasal dari satelit lain seperti: *Quickbird*, *Ikonos*, atau *Geosy-1*, membuat ketersediaan data citra pada *Google Earth* terbatas pada waktu tertentu saja.

PT ANTAM UBPE Pongkor merupakan salah satu perusahaan tambang nasional yang melakukan kegiatan reklamasi berupa revegetasi. Ini dilakukan sebagai salah satu bentuk wujud dari pembangunan berwawasan lingkungan, yaitu kegiatan pemanfaatan sumber daya alam dengan turut mempertimbangkan keseimbangan dan daya dukung lingkungan. Berdasarkan uraian sebelumnya, makatujuan dari penelitian ini adalah untuk menduga stok karbon di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor memanfaatkan penginderaan jauh menggunakan data citra *Google Earth* melalui interpretasi visual data citra berdasarkan kesamaan warna, bentuk, dan tekstur, sementara untuk kandungan karbonnya diukur berdasarkan plot contoh pada permukaan atas tanah.

2. Metodologi

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan reklamasi PT. ANTAM UBPE Pongkor, dengan pengambilan dan pengolahan data dilakukan mulai September 2012 sampai April 2013 (\pm 8 bulan). Adapun lokasi penelitian ini secara jelas dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini, secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan sumber data penelitian

Jenis data	Uraian data	Sumber data
Primer	Biomassa dan karbon permukaan atas tanah	Observasi langsung
	Deskripsi keterlibatan masyarakat	
	Data plot atau sampling	
Sekunder	Data citra dari <i>Google Earth</i>	Internet
	Peta rupa bumi	
	Biaya langsung dan tidak langsung kegiatan revegetasi	Internet, studi literatur
	Kerapatan kayu	Studi literatur
	Peta reklamasi	PT. ANTAM
	Laporan AMDAL	BLH Kabupaten Bogor

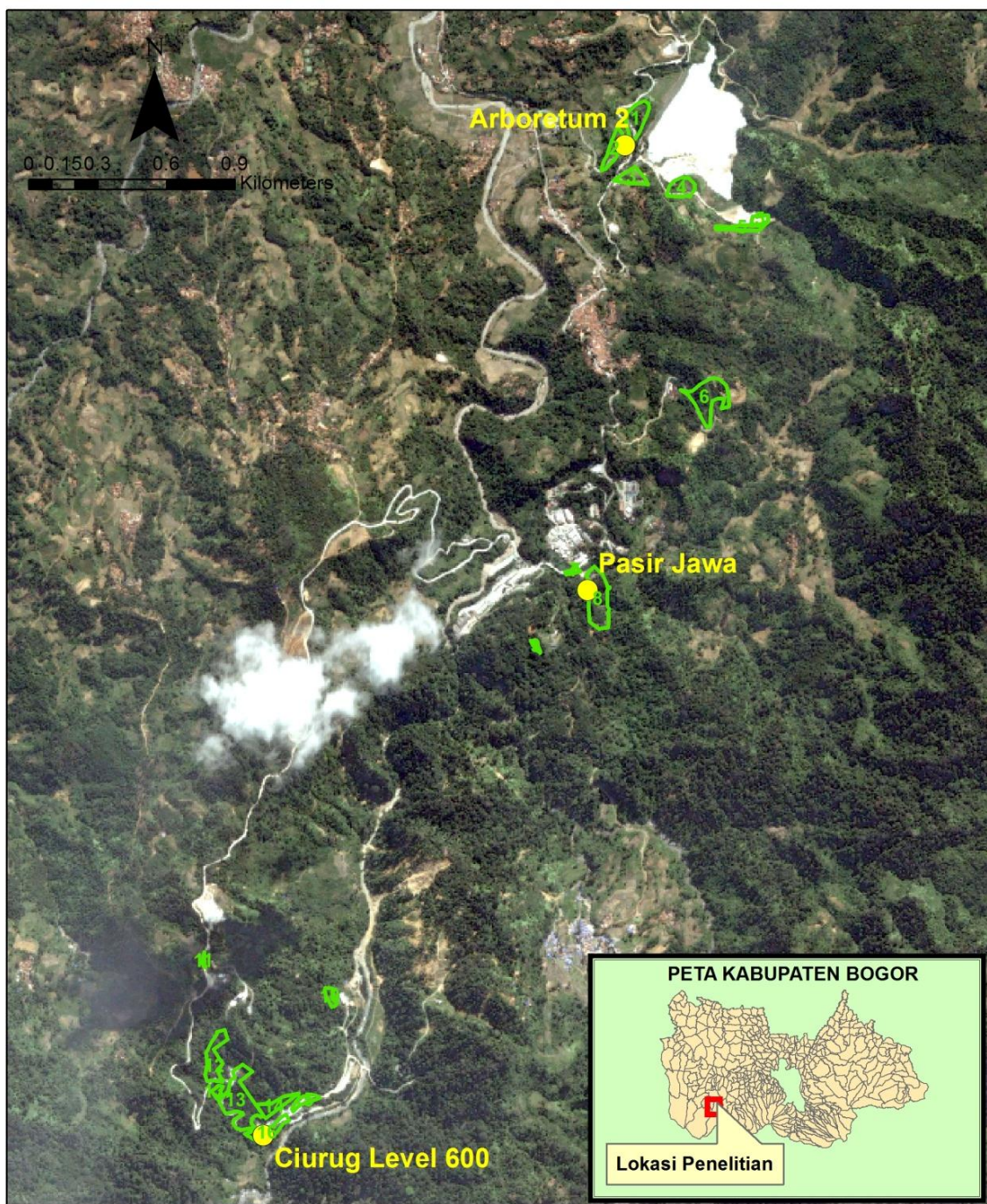
2.3. Metode Pengumpulan Data

a. Interpretasi Visual Tutupan Lahan di Area Reklamasi


Data citra *Google Earth* yang digunakan penelitian ini berasal dari satelit worldview, diunduh menggunakan aplikasi *Terra incognita* yang menjadikan data citra bersangkutan secara geometrik sudah langsung terkoreksi. Akuisisi citra yang digunakan untuk melihat tutupan lahan adalah data citra tahun 2007 dan 2010, sedangkan untuk pendugaan kandungan karbon berdasarkan interpretasi visual menggunakan data citra tahun 2007. Pemilihan waktu dilakukan secara *purposive* berdasarkan ketersediaan data yang ada.

Data citra *Google Earth* yang diperoleh diinterpretasi secara visual, untuk melihat klasifikasi tutupan lahan di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor. Interpretasi dilakukan berdasarkan unsur interpretasi utama, antara lain: warna, bentuk, dan tekstur. Hasil interpretasi awal menunjukkan klasifikasi tutupan lahan di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor terdiri dari: hutan sekunder, tumbuhan bawah (termasuk semak dan semai), tanah terbuka, dan jalan.

Hasil interpretasi data citra tahun 2007 pada klasifikasi tutupan lahan hutan sekunder kemudian diinterpretasi kembali secara visual (*digitasi on screen*) juga berdasarkan kesamaan warna, bentuk, dan tekstur. Interpretasi visual terhadap klasifikasi tutupan lahan hutan sekunder menghasilkan empat kelas hutan sekunder, antara lain: kelas A (hutan rapat), kelas B (hutan sedang), kelas C (hutan jarang), dan kelas D (semak). Data lainnya yang digunakan dalam penelitian ini, sebagian ada yang diperoleh melalui penelusuran internet dan ada juga yang diperoleh dari instansi terkait PT ANTAM UBPE Pongkor.



PETA SEBARAN TITIK SAMPLING DI AREA REKLAMASI PT UBPE PONGKOR

<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Plot Sampling Areal Reklamasi 	<p>Skala:</p> <p>1:24,000</p>	<p>Sumber: Batas Administrasi Kabupaten Bogor Citra Google Earth Akuisisi 7 Juli 2007</p> 
--	---	--

Gambar 1. Lokasi penelitian dan titik sampling

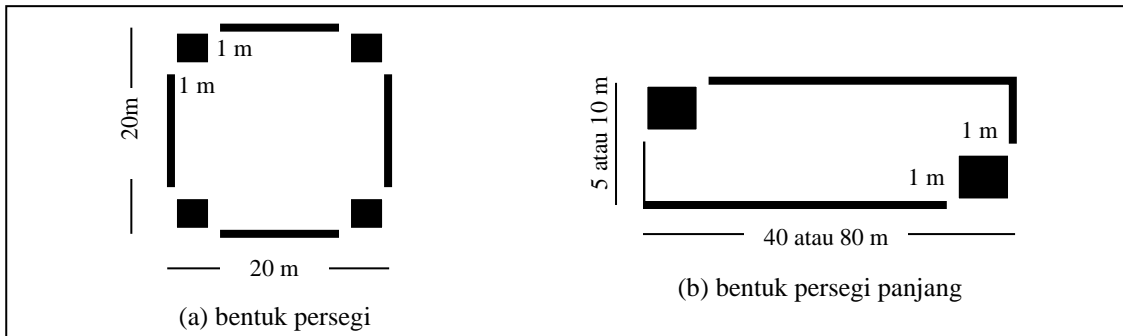
b. Estimasi Stok Karbon di Area Reklamasi

Penentuan Lokasi Plot

Plot estimasi stok karbon tersebar di 3 lokasi yang mewakili kelas tutupan lahan hutan sekunder A, B, dan C dengan jumlah total titik plot sebanyak tujuh.

Bentuk dan Ukuran Plot

Bentuk dan ukuran plot yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724: 2011 (Gambar 2).



Gambar 2. Bentuk dan ukuran plot dan subplot pengamatan

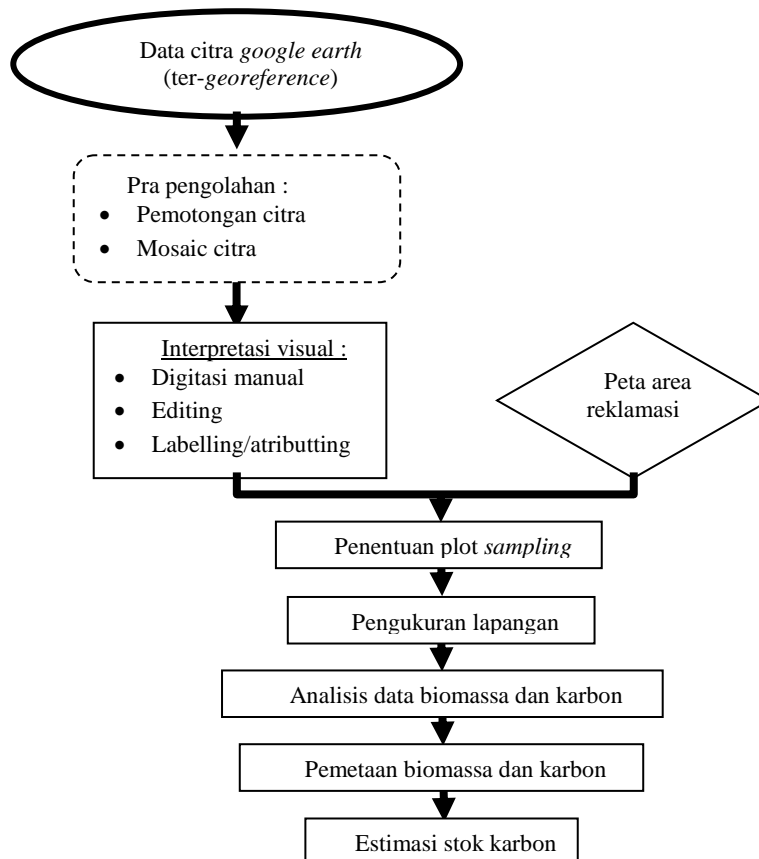
Tahapan pengolahan data citra, secara singkat dan jelas dapat dilihat pada Gambar 3. Data citra yang sudah *georeference*, sebelum dianalisis disiapkan terlebih dahulu melalui pra pengolahan, yang terdiri dari tahapan berikut:

Mosaik citra

Mosaik citra dilakukan menggunakan *software Arc GIS 9.3*. Data citra *Google Earth* yang sudah disiapkan sebelumnya, kemudian diolah dengan tahapan sebagai berikut:

Pemotongan citra

Pemotongan citra dilakukan pada data citra tahun 2007, menggunakan *software Arc GIS 9.3* sebagai bagian dari citra yang akan di-*mosaic* agar memudahkan dalam interpretasi citra hasil *mosaic* (Isnandar 2008).



Gambar 3. Tahapan pengolahan data citra

Digitasi manual

Digitasi adalah pemasukan data yang dilakukan dengan mendeliniasi secara langsung pada layer (*on screen digitizing*) untuk fitur yang berbentuk *line/arc/polygon*. Ini dilakukan agar dihasilkan beberapa bentuk tutupan untuk setiap informasi tematik berbeda yang akan digunakan sebagai *database*. Adapun kelas tutupan lahan pada penelitian ini, secara jelas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelas tutupan lahan hasil klasifikasi citra dari google earth

Klasifikasi tutupan lahan	Interpretasi citra	Deskripsi di lapang
Hutan sekunder	Warna hijau tua sampai muda, bentuk mengelompok, tekstur kasar	Tumbuhan berkayu dengan $D \geq 20$ cm atau $10 \text{ cm} \leq D < 20 \text{ cm}$
Tumbuhan bawah	Warna hijau muda, bentuk mengelompok dan menyebar, tekstur halus	Lahan yang ditumbuhi semak atau tumbuhan bawah, termasuk semai (anakan pohon)
Tanah terbuka	Warna coklat muda, tekstur halus	Lahan yang tidak ditumbuhi vegetasi dan tidak digunakan untuk penggunaan lainnya
Jalan	Warna coklat muda, bentuk jalur panjang, tekstur halus	Lahan terbuka yang digunakan untuk akses jalan

Tabel 3. Interpretasi citra kelas hutan sekunder A, B, C, dan D di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor

Kelas hutan sekunder	Nama kelas	Interpretasi citra
A	Hutan rapat	Warna hijau tua, tekstur kasar
B	Hutan sedang	Warna hijau
C	Hutan jarang	Warna hijau agak kecoklatan
D	Semak	Warna hijau muda agak kecoklatan, tekstur halus

Editing

Editing dilakukan untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan pada saat digitasi.

Labelling atau attributing

Labelling merupakan proses pemberian identitas label setiap *polygon*, *line*, atau *point* yang terbentuk dalam tutupan, sedang *attributing* adalah proses memberi atribut atau informasi pada suatu tutupan.

Hasil klasifikasi data citra kemudian diuji akurasi dengan melihat nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dari data bersangkutan, dimana batas toleransi penyimpangan data citra yang dapat diterima dalam penelitian ini adalah 5 persen atau $\leq 0,05$. Hasil

interpretasi citra klasifikasi hutan sekunder yang diinterpretasi kembali secara visual (*digitasi on screen*) menghasilkan empat kelas hutan sekunder, yang secara jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

2.4. *Estimasi Stok Karbon di Area Reklamasi*

Pendugaan kandungan karbon di area reklamasi dilakukan dengan mengukur kandungan karbon di lapang berdasarkan plot contoh dari tiga lokasi titik *sampling*, yang mewakili kelas hutan sekunder A di arboretum, B di pasir jawa, dan C di ciurug level 600. Sementara kandungan karbon pada kelas hutan sekunder D diduga berdasarkan hasil perhitungan stok karbon tumbuhan bawah pada kelas hutan sekunder C. Ini dilakukan dengan asumsi kondisi lahan di kelas hutan sekunder D sama seperti kondisi tumbuhan bawah di kelas hutan sekunder C.

Data untuk pengukuran kandungan karbon di lapang berdasarkan plot contoh dikumpulkan menggunakan analisis vegetasi, agar struktur atau kondisi umum vegetasi di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor dapat sekaligus terlihat. Selain itu juga dilakukan perhitungan pada keanekaragaman jenis, sehingga dapat terlihat pada jumlah stok karbon tertentu keanekaragaman jenis di lahan bersangkutan rendah, sedang, atau tinggi.

2.5. *Kondisi Umum Vegetasi*

Data vegetasi yang terkumpul kemudian dianalisis, adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Soerianegara dan Indrawan 2008):

$$\begin{aligned} \text{Kerapatan suatu jenis (K)} &= \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas petak contoh}} \\ \text{Kerapatan relatif suatu jenis (KR)} &= \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Total kerapatan seluruh jenis}} \times 100 \% \\ \text{Frekuensi suatu jenis (F)} &= \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu jenis}}{\text{Luas seluruh plot}} \\ \text{Frekuensi relatif suatu jenis (FR)} &= \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100 \% \\ \text{Dominansi suatu jenis (D)} &= \frac{\text{Luas bidang dasar (LBDS) suatu jenis}}{\text{Luas plot}} \\ \text{Dominansi relatif suatu jenis (DR)} &= \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Total dominansi seluruh jenis}} \times 100 \% \\ \text{Indeks nilai penting (INP)} &= \text{KR} + \text{FR} + \text{DR} \end{aligned}$$

Besarnya keanekaragaman dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener (H') (Odum 1998), yaitu:

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

dimana, n_i adalah jumlah individu suatu jenis dalam plot dan N adalah jumlah keseluruhan individu.

2.6. Estimasi Stok Karbon

1) Perhitungan Biomassa

- Biomassa dalam Tegakan
 1. Menghitung LBDS $LBDS = (1/4 \pi d^2)/10000$ (m²)
 2. Menghitung volume pohon (De-phut 1997) $V = 1/4 \pi d^2 t f$
 3. Menentukan kepadatan kayu (studi literatur)
 4. Menghitung biomassa batang pohon $Ws = volume \times wood density$
- Keterangan :
- V = volume pohon (m³)
 - π = konstanta (3,14)
 - d = diameter pohon
 - t = tinggi pohon
 - f = bilangan bentuk (0,7)
- Biomassa Tumbuhan Bawah, Serasah, dan Nekromassa
 1. Seluruh tumbuhan bawah, serasah, dan nekromassa dalam subplot 1 x 1 m diambil secara terpisah, kemudian masing-masing dipisahkan antara bagian daun dan batang, lalu ditimbang berat basahya.
 2. *Sample* masing-masing pada tiap bagian seberat 200 gram per lokasi subplot diambil untuk dioven selama 24 jam pada suhu 105 °C, bobot kering hasil dioven merupakan berat kering tanur atau biomassa.

Berat kering tanur (BKT) untuk tumbuhan bawah dan serasah dapat dihitung menggunakan rumus (Haygreen dan Bowyer 1982) :

$$BKT = \frac{\text{Berat basah (gram)}}{1 + \frac{\% \text{ Kadar air}}{100}} \times 100\%$$

$$= \frac{BBc - BKc}{BKc} \times 100\%$$

Tabel 5. Estimasi total stok karbon di seluruh area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor berdasarkan data citra *google earth* tahun 2007

Area reklamasi/Kelas hutan	Luas (ha)	Biomassa (ton)	Karbon (ton)
Area reklamasi 1			
Kelas hutan A	0,61	179,00	82,54
Kelas hutan B	0,02	6,21	2,78
Kelas hutan C	0,19	26,59	11,63
Kelas hutan D	0,09	0,32	0,12
<i>Jumlah</i>	<i>0,92</i>	<i>212,12</i>	<i>97,07</i>
Area reklamasi 2			
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,30	79,98	35,85
Kelas hutan C	0,19	26,45	11,57
Kelas hutan D	0,13	0,44	0,16
<i>Jumlah</i>	<i>0,62</i>	<i>106,87</i>	<i>47,59</i>
Area reklamasi 3			

2) Perhitungan Potensi Karbon

Jumlah karbon yang tersimpan dari tegakan, tumbuhan bawah, serasah, dan nekromassa diestimasi menggunakan persamaan berdasarkan SNI 7724: 2011, yaitu: C = Biomassa (kg/ha) x 0,47.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Interpretasi Visual Tutupan Lahan di Area Reklamasi

Hasil interpretasi pada tutupan lahan hutan sekunder menggunakan data citra 2007, diperoleh luasan total tiap kelas hutan sekunder (Tabel 4).

Tabel 4. Luasan kelas hutan sekunder hasil klasifikasi citra *google earth* tahun 2007 di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor

Kelas hutan sekunder	Luas (ha)	Persentase (%)
A	8,65	71,94
B	0,88	7,33
C	1,57	13,07
D	0,92	7,66
<i>Jumlah</i>	<i>12,02</i>	<i>100</i>

3.2. Estimasi Stok Karbon di Area Reklamasi

Hasil estimasi stok karbon menunjukkan rata-rata jumlah biomassa di area reklamasi sebesar 248,30 ton/ha dan rata-rata stok karbon di area reklamasi sebesar 113,79 ton/ha, dengan keanekaragaman jenis yang sedang berdasarkan Shannon-Wiener pada tingkat pohon, tiang, dan pancang. Adapun jenis tanaman yang mendominasi pada tingkat pohon adalah *Paraserianthes falcataria*, pada tingkat tiang adalah *Dalbergia latifolia*, dan pada tingkat pancang adalah *Podocarpus neriifolius*. Perhitungan stok karbon di area reklamasi secara rinci dapat dilihat pada Tabel 5.

Area reklamasi/Kelas hutan	Luas (ha)	Biomassa (ton)	Karbon (ton)
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,33	87,12	39,06
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,15	0,51	0,19
<i>Jumlah</i>	<i>0,49</i>	<i>87,62</i>	<i>39,24</i>
Area reklamasi 4			
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,65	91,29	39,93
Kelas hutan D	0,04	0,12	0,04
<i>Jumlah</i>	<i>0,69</i>	<i>91,41</i>	<i>39,98</i>
Area reklamasi 5			
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,04	10,50	4,71
Kelas hutan C	0,26	36,32	15,89
Kelas hutan D	0,07	0,24	0,09
<i>Jumlah</i>	<i>0,37</i>	<i>47,07</i>	<i>20,69</i>
Area reklamasi 6			
Kelas hutan A	1,45	423,61	195,33
Kelas hutan B	0,13	35,36	15,85
Kelas hutan C	0,12	17,20	7,52
Kelas hutan D	0,04	0,13	0,05
<i>Jumlah</i>	<i>1,74</i>	<i>476,30</i>	<i>218,76</i>
Area reklamasi 7			
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,06	0,20	0,07
<i>Jumlah</i>	<i>0,06</i>	<i>0,20</i>	<i>0,07</i>
Area reklamasi 8			
Kelas hutan A	1,76	515,41	237,66
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,02	2,69	1,17
Kelas hutan D	0,20	0,67	0,25
<i>Jumlah</i>	<i>1,98</i>	<i>518,77</i>	<i>239,09</i>
Area reklamasi 9			
Kelas hutan A	0,08	24,02	11,08
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>0,08</i>	<i>24,02</i>	<i>11,08</i>
Area reklamasi 10			
Kelas hutan A	0,16	46,34	21,37
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,10	13,51	5,91
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>0,26</i>	<i>59,85</i>	<i>27,28</i>
Area reklamasi 11			
Kelas hutan A	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00

Area reklamasi/Kelas hutan	Luas (ha)	Biomassa (ton)	Karbon (ton)
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>
Area reklamasi 12			
Kelas hutan A	1,05	308,53	142,26
Kelas hutan B	0,05	12,88	5,78
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>1,11</i>	<i>321,41</i>	<i>148,04</i>
Area reklamasi 13			
Kelas hutan A	2,30	672,93	310,29
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,12	0,40	0,15
<i>Jumlah</i>	<i>2,42</i>	<i>673,33</i>	<i>310,44</i>
Area reklamasi 14			
Kelas hutan A	0,61	177,46	81,83
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>0,61</i>	<i>177,46</i>	<i>81,83</i>
Area reklamasi 15			
Kelas hutan A	0,11	32,17	14,83
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan D	0,00	0,00	0,00
<i>Jumlah</i>	<i>0,11</i>	<i>32,17</i>	<i>14,83</i>
Area reklamasi 16			
Kelas hutan A	0,52	150,75	69,51
Kelas hutan B	0,00	0,00	0,00
Kelas hutan C	0,04	5,20	2,27
Kelas hutan D	0,02	0,05	0,02
<i>Jumlah</i>	<i>0,57</i>	<i>156,00</i>	<i>71,81</i>
<i>Total</i>	<i>12,02</i>	<i>2772,79</i>	<i>1367,79</i>
<i>Rata-rata (ton/ha)</i>		<i>230,68</i>	<i>113,79</i>

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Simpulan

Hasil interpretasi visual terhadap data citra *Google Earth* tahun 2007, diperoleh lima kelas hutan sekunder yaitu: kelas A (hutan rapat) seluas 8,65 ha; kelas B (hutan sedang) seluas 0,88 ha; kelas C (hutan jarang) seluas 1,57 ha; dan kelas D (semak) seluas 0,92 ha. Sementara itu perhitungan stok karbon berdasarkan tiga lokasi plot sampling yang mewakili kelas hutan sekunder A, B, dan C, menghasilkan dugaan rata-rata stok karbon di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor sebesar 113,79 ton/ha.

4.2. Saran

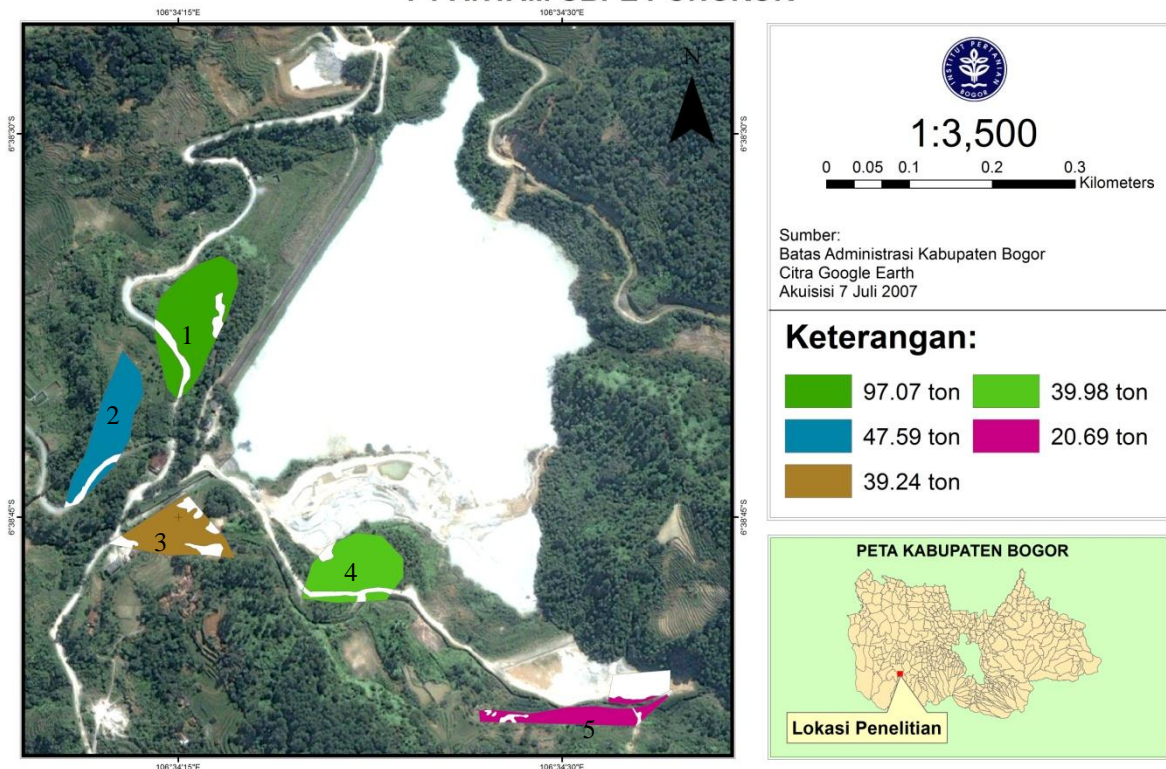
Pihak tambang harus memiliki citra resolusi tinggi, agar perkembangan kegiatan reklamasi dapat dipantau sejauh mana keberhasilannya. Berdasarkan hasil interpretasi visual pada data citra *Google Earth* tahun 2007, terdapat tutupan lahan yang masih perlu direvegetasi yaitu lahan terbuka dan semak. Terkait dengan itu, maka pihak tambang harus mengutamakan penanaman jenis vegetasi lokal yang bernilai ekonomi tinggi, agar sesuai dengan kondisi asli wilayahnya dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat lokal.

Daftar Pustaka

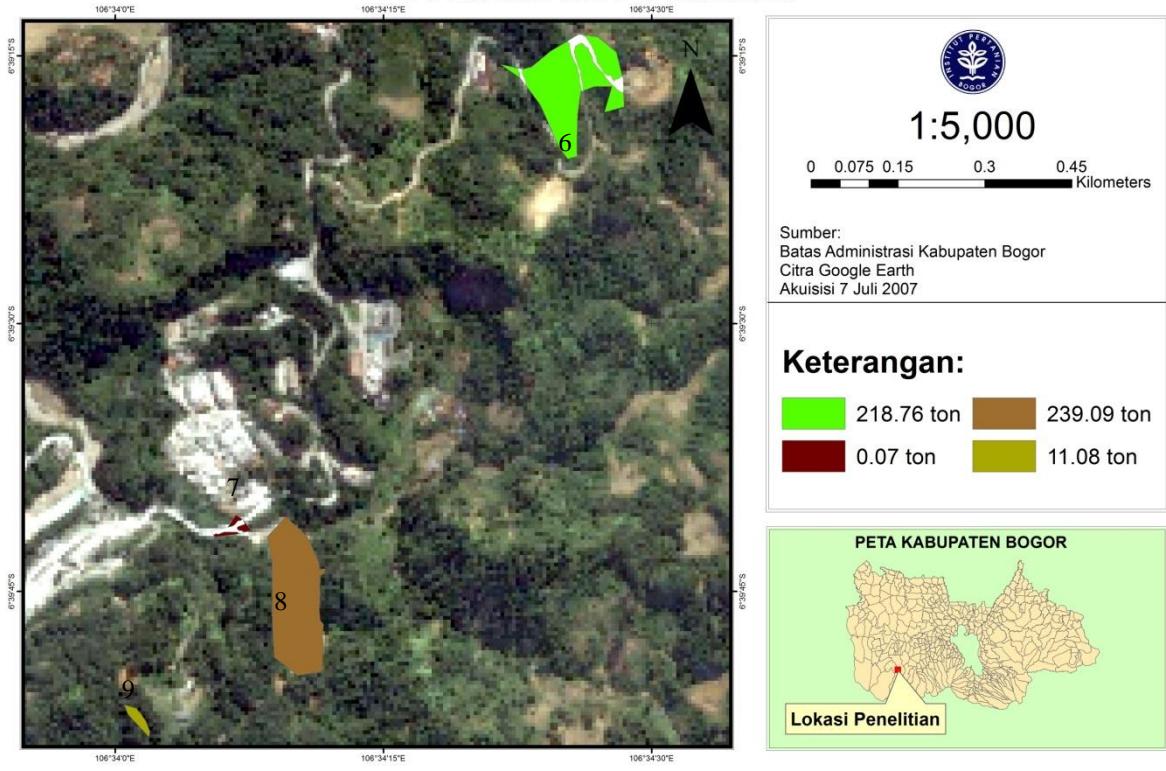
- [1] Dahlan, 2005. Pendugaan kandungan karbon tegakan Acacia mangium Willd menggunakan Citra Landsat ETM+ dan SPOT-5, studi kasus di BPKH Parung Panjang KPH Bogor [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [2] [DEPHAN] Departemen Pertahanan, 2005. Satelit Ikonos. <http://www.balitbang.dephan.go.id/lain2/ikonos.html>.
- [3] Isnandar, N., 2008. Kajian akurasi pemanfaatan citra quickbird pada google earth untuk pemetaan bidang tanah [tesis]. Program Magister Teknik Geodesi dan Geomatika Bidang Pengutamaan Administrasi Pertanahan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] Kusuma, A. P., 2009. Menambang tanpa merusak lingkungan. *Buletin Penataan Ruang*. [terhubung berkala]. <http://buletin.penataanruang.net-upload-data/artikel-Menambang%20Tanpa%20Merusak%20LingkunganAdang-%20P.Kusuma.pdf>.
- [5] Landsat, 2000. Supplying data users worldwide with low cost, multi purpose land remote sensing data into next century. <http://www.landsat.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/search.p?range>.
- [6] Odum, 1998. Dasar-dasar ekologi (terjemahan), Edisi III. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [7] [PT ANTAM] PT Aneka Tambang, 2011. Revisi ANDAL unit bisnis pertambangan emas, Desa Bantarkaret, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. PT ANTAM, Bogor.
- [8] Rahayu, S., Lusiana B., Noordwijk M., 2008. Aboveground carbon stock assesment for various land use systems in Nunukan, East Kalimantan. Di dalam: Lusiana B, Noordwijk M, Rahayu S, editor. Carbon Stocks in Nunukan, East Kalimantan: A Spatial Monitoring and Modelling Approach. World Agroforestry Centre – ICRAF, Bogor, pp. 21-33.
- [9] Soerianegara, I., Indrawan A., 2008. Ekologi hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan-Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [10] Sutaryo, D., 2009. Penghitungan Biomassa, Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetland International Indonesia Programme, Bogor.

Lampiran 1. Sebaran karbon di area reklamasi PT ANTAM UBPE Pongkor

**PETA SEBARAN KARBON DI AREA REKLAMASI
PT ANTAM UBPE PONGKOR**



**PETA SEBARAN KARBON DI AREA REKLAMASI
PT ANTAM UBPE PONGKOR**



PETA SEBARAN KARBON DI AREA REKLAMASI PT ANTAM UBPE PONGKOR

