

Estimasi Pendugaan Biomassa Hutan Sekunder dan Daerah Reklamasi Menggunakan Data Citra ALOS PALSAR

HARRY TETRA ANTONO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara Bandung
Email : harryta@tekmira.esdm.go.id

ABSTRACT

Forests has an important role in stabilize CO₂ concentrations in the atmosphere as a source of carbon emissions and can absorb carbon and store. It is often called a carbon sink program . To develop this program, it needs carbon stock data stored in the form of biomass using an effective technique and easy to use. This study aimed to estimate the carbon content in the area of reclamation and secondary forest resulting from mining activities through biomass allometric equation. Biomass values obtained by non-destructive method of sampling and biomass values were used to develop allometric equations using regression analysis between the biomass with a diameter of tree. The study case was located at mine concession of PT. Insani Bara Perkasa, at the border of Kutai Kertanegara and West Kutai Districts, East Kalimantan Province. The allometric biomass equations for the reclamation area: $B = 0.1 \times 0.41 \times D^2 + 0.62$, and for secondary forests: $B = 0.118 \times D^2,31$. This biomass allometric equations can be used to predict carbon reserves stored in the secondary forest vegetation. This study also analysed the carbon stored using remote sensing. The analytical result from the ALOS PALSAR images of study area PT Insani Bara Perkasa describes that carbon sink potential is 7,83 ton/ha in reclamation area and 9,19 ton/ha in secondary forest. The estimation of carbon uptake in reclamation area of PT Insani Bara Perkasa is 8.701,205 ton/ha and 247.836,444 ton/ha in secondary forest. Those data suggest that the reclamation activity in the study area gave a little contribution to the carbon sink program yet.

Key words: forest, biomass, carbon stock, Allometric equation.

ABSTRAK

Berkaitan dengan perubahan iklim, kawasan hutan mempunyai peranan penting sebagai sumber emisi karbon (*Source*) dan juga mampu menyerap karbon serta menyimpannya (*Sink*) dalam biomassa hutan sehingga hutan mempunyai peran dalam upaya menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, hal ini sering disebut dengan program karbon sink. Dalam rangka pengembangan program karbon sink ini dibutuhkan data cadangan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa. Untuk itu diperlukan teknik yang efektif dan mudah digunakan dalam menduga cadangan karbon pada suatu hamparan vegetasi. Penelitian ini ditujukan untuk menduga kandungan karbon di daerah reklamasi dan hutan sekunder yang diakibatkan aktifitas penambangan melalui persamaan alometrik biomassa. Persamaan pendugaan biomassa pada plot di daerah reklamasi : $B = 0,1 \times 0,41 \times D^2 + 0,62$, dan untuk hutan sekunder: $B = 0,118 \times D^2,31$, Persamaan alometrik untuk menduga karbon yang tersimpan adalah Biomasa = $160 + 2,52 \text{ HH} - 1,25 \text{ HV}$. Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis menggunakan teknik penginderaan jauh. Hasil analisis terhadap citra ALOS PALSAR pada kuasa pertambangan PT Insani Bara Perkasa 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.

Kata kunci : Hutan, biomassa, cadangan karbon, persamaan alometrik.

1. PENDAHULUAN

Berkaitan dengan perubahan iklim, kawasan hutan mempunyai peranan penting sebagai sumber emisi karbon (*Source*) dan juga dapat menyerap karbon serta menyimpannya (*Sink*)

dalam biomassa tanaman. Di permukaan bumi ini, kurang lebih terdapat 90 % biomassa yang terdapat dalam hutan berbentuk kayu, dahan, daun, akar dan sampah hutan (serasah), hewan, dan jasad renik (Arief, 2005). Salah satu cara untuk mengurangi dampak pemanasan global adalah dengan mengendalikan konsentrasi karbon melalui pengembangan program *sink*, dimana karbon organik sebagai hasil fotosintesa akan disimpan dalam biomassa tegakan hutan atau pohon berkayu.

Biomassa hutan memiliki kandungan karbon yang cukup potensial. Hampir 50% dari biomassa vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon (Brown, 1997). Informasi besarnya biomassa pohon di atas dan di dalam tanah sangat diperlukan untuk mempelajari cadangan karbon dan unsure hara lainnya dalam suatu ekosistem serta pengaruhnya terhadap siklus biogeokimia.

Teknik penginderaan digunakan untuk proses inventarisasi hutan dan pemantauan sumberdaya lainnya. Posisi geografis Indonesia yang berada pada daerah tropis dengan dua musim di setiap tahunnya menjadi salah satu kendala dalam menggunakan data citra optik. Adanya awan pada musim hujan dan asap pada musim kemarau yang terekam dalam citra sangat mengganggu proses identifikasi dan pemantauan objek di permukaan bumi dan seringkali membuat informasi terbaru di bawah awan atau asap tidak tersedia.

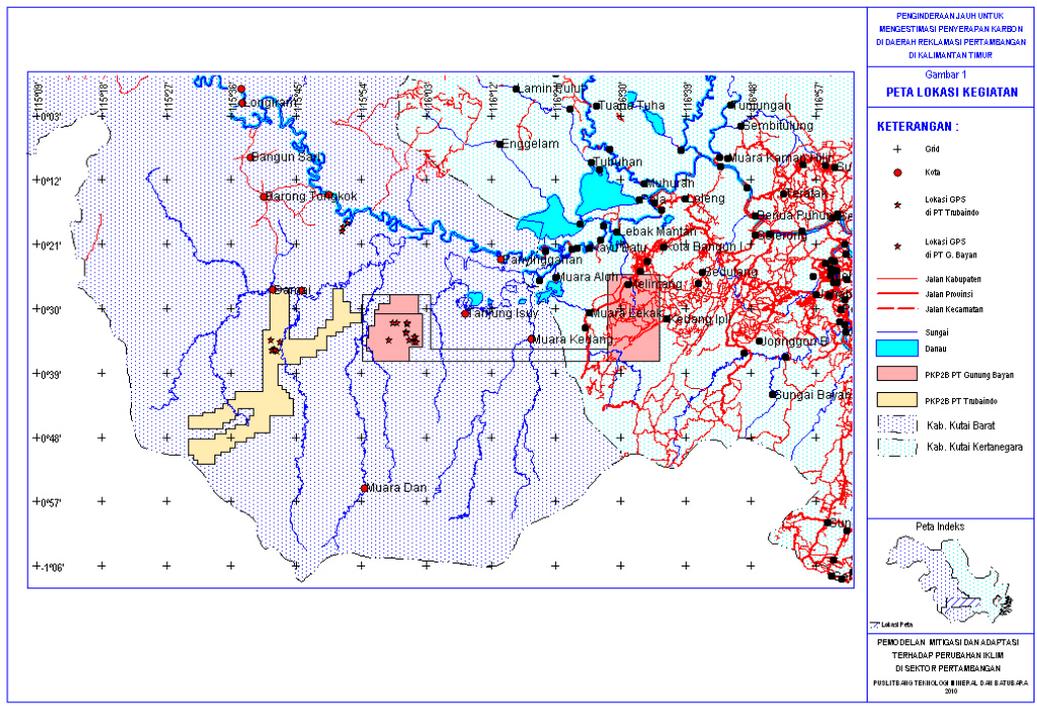
Untuk mengatasi kelemahan dari citra optik maka saat ini telah tersedia suatu sistem penginderaan jauh aktif (radar). Radar memiliki kemampuan untuk melakukan perekaman pada segala cuaca, baik pada siang atau malam hari, serta mampu mengatasi kendala tutupan awan dan asap. Salah satu satelit yang membawa sensor radar yang diluncurkan pemerintah Jepang pada tanggal 24 Januari 2006 adalah satelit ALOS (Advanced Land Observing Sattelite). ALOS membawa tiga jenis sensor yaitu PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping), dan AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2).

Sensor PALSAR merupakan pengembangan lebih lanjut dari sensor SAR (Synthetic Aperture Radar). Sensor ini merupakan sensor gelombang mikro aktif yang memiliki keistimewaan dapat menembus lapisan awan tebal. Sensor ini cocok digunakan untuk memperoleh informasi penutupan lahan di Pulau Jawa dan Bali, yang berada di wilayah tropis serta hampir setiap saat wilayahnya tertutup awan. Selama ini pemanfaatan citra yang dihasilkan oleh satelit tersebut relatif belum banyak bila dibandingkan citra satelit lainnya. Citra ALOS PALSAR dapat menyajikan informasi mengenai parameter fisik hutan (seperti volume dan biomassa) melalui pengukuran citra satelit, dengan tetap ditunjang oleh hasil survey lapangan.

Meningkatnya kegiatan manusia dan kerusakan alam yang berupa perubahan tata guna lahan, deforestasi, dan kebakaran hutan telah menyebabkan tingginya tingkat emisi karbon di atmosfer dan memicu terjadinya proses pemanasan global. Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi dan memberikan informasi cadangan karbon di hutan sekunder dan kawasan reklamasi pertambangan dengan menggunakan teknologi inderaja. Hal ini diharapkan mendukung pemerintah dalam hal ini kementerian ESDM berpartisipasi dalam perdagangan karbon serta upaya menekan perubahan iklim global melalui peningkatan fiksasi karbon dalam biomassa tanaman/hutan.

2. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak pada posisi antara 115°09'11,7984" -116°57'57,0708" Bujur Timur dan -0°03'1,1124 - 1°06'52,9236" Lintang Selatan (lihat Gambar 1) sedangkan secara administrasi terletak pada perbatasan Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Kutai Barat, Propinsi Kalimantan Timur. Sedangkan perusahaan yang digunakan sebagai studi kasus adalah PT. Insani Bara Perkasa (KPB).



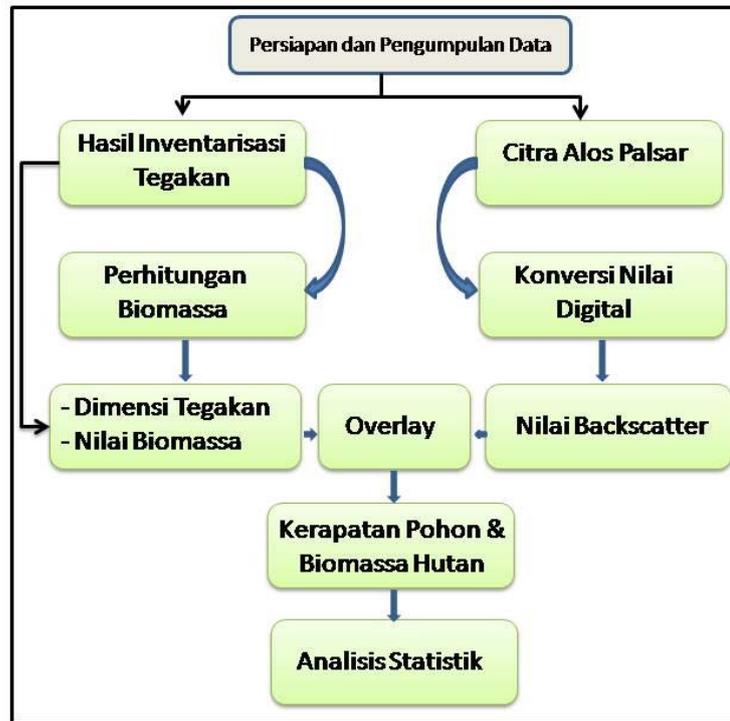
Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. METODOLOGI

3.1. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam mengestimasi penyerapan karbon pada kawasan aktifitas pertambangan batubara adalah dengan menggunakan klasifikasi secara digital dengan interpretasi visual dan deliniasi obyek langsung melalui layar monitor dengan cara penggabungan data multispektral (*color composit*).

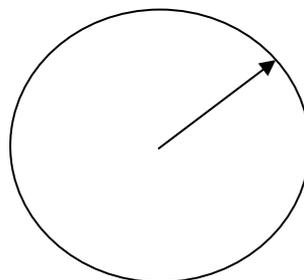
Analisis spasial dilakukan untuk menentukan zonasi daerah yang mengalami kerusakan atau berubahnya fungsi lahan dengan metode sistem informasi geografi (SIG) dengan dibantu hasil tracking GPS yang digunakan untuk penentuan titik kontrol (GCP) di lapangan. Titik kontrol tersebut juga diperlukan dalam proses koreksi geometrik. Untuk membantu interpretasi digunakan juga peta penggunaan lahan. Adapun diagram alir dari kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2. Metode Penghitungan Pada Kawasan Hutan Sekunder dan Daerah Reklamasi

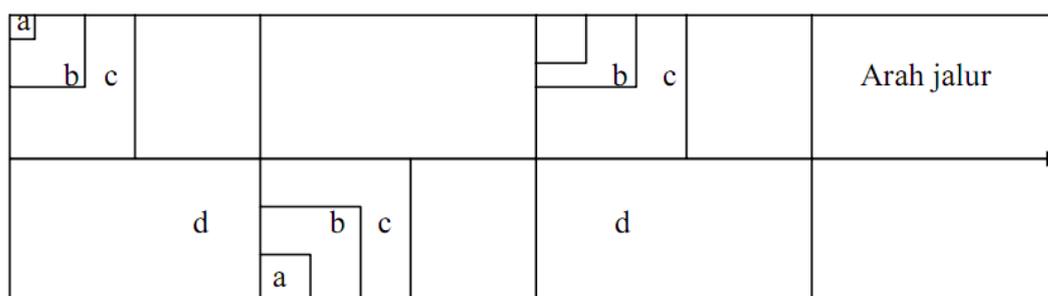
Pengambilan data lapangan dilakukan di hutan hasil revegetasi dan hutan alam yang belum dibuka. Pengambilan data di hutan tanaman dilakukan dengan pemercontohan, jumlah plot masing-masing 5 buah per jenis tanaman, luas per plot adalah 0,1 Ha dengan jari-jari 17,8 m. Di dalam plot tersebut dicatat jenis pohon, tinggi total pohon dan diameter pohon (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Sketsa Plot Pengukuran

Pengukuran di hutan alam menggunakan metode jalur dengan panjang jalur 100 m dan lebar jalur 20 m. (lihat Gambar 4). Petak (a) merupakan petak berukuran 2m x 2m untuk pengukuran semai, yang merupakan anakan pohon mulai kecambah sampai setinggi 1,5m.

Petak (b) merupakan petak berukuran 5m x 5m untuk pengukuran pancang, yang merupakan anakan pohon dengan tinggi $\geq 1,5$ m dan diameter < 7 cm. Petak (c) merupakan petak berukuran 10x10m untuk pengukuran tiang, yang merupakan pohon muda dengan diameter mulai 7 cm hingga < 20 cm. Petak (d) merupakan petak berukuran 20x20m untuk pengukuran pohon dengan diameter ≥ 20 cm. Di dalam petak pengukuran tersebut dicatat nama jenis untuk semai, pancang, tiang, dan pohon, serta diameter dan tinggi total untuk pancang, tiang, dan pohon.



Gambar 4. Desain Unit Contoh Vegetasi

Penghitungan biomassa dengan menggunakan metode pendugaan melalui penginderaan jauh serta pembuatan model. Metode ini menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi cuplikan data ke area yang lebih luas. Penggunaan persamaan allometrik standard yang telah dipublikasikan sering dilakukan, tetapi karena koefisien persamaan allometrik ini bervariasi untuk setiap lokasi dan spesies, penggunaan persamaan standard ini dapat mengakibatkan galat (kesalahan) yang signifikan dalam mengestimasi biomassa suatu vegetasi (Heiskanen, 2006; Australian Greenhouse Office, 1999).

Persamaan alometrik biomassa disusun dengan asumsi bahwa ada korelasi yang cukup tinggi antara dimensi pohon (diameter dan tinggi) dengan besarnya biomassa pohon.

Penyusunan model alometrik menggunakan analisis regresi dengan metode pendugaan koefisien regresi metode OLS (*Ordinary Least Squares*) atau metode kuadrat terkecil. Metode kuadrat terkecil merupakan metode untuk memilih garis regresi yang membuat jumlah kuadrat jarak vertikal dari titik y pengamatan ke garis regresi sekecil mungkin (Walpole, 1993). Selanjutnya dipilih model regresi terbaik dengan memperhatikan standar kriteria perbandingan model, yaitu : koefisien determinasi (R^2), dan nilai sisaan (s). Selain itu ada satu kriteria tambahan dalam pengambilan keputusan model terpilih yaitu nilai *Predicted Residual Sum of Squares* (PRESS) sebagai uji validasi untuk memilih persamaan terbaik. Penyusunan dan analisa persamaan alometrik ini dibuat dengan menggunakan bantuan program statistik SPSS 11 dan miniTAB 13.

Selanjutnya kandungan karbon vegetasi hutan sekunder dapat diestimasi menggunakan nilai biomassa yang diperoleh dari persamaan alometrik ataupun nilai BEF dimana 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan.

4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Kajian ini citra satelit yang digunakan adalah ALOS PALSAR dengan system polarisasi yang menggunakan band sintetik yaitu HH (horizontal-horizontal), HV (horizontal-vertikal), dan rasio antara HH dan HV (HH/HV). Ketiga jenis polarisasi ini masing-masing menempati band 1 (HH), band 2 (HV), dan band 3 (HH/HV) (Gambar 5). Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai HH dan HV sbb :

$$\sigma^{\circ} = 10 \log (dN^2) + CF ;$$

dimana :

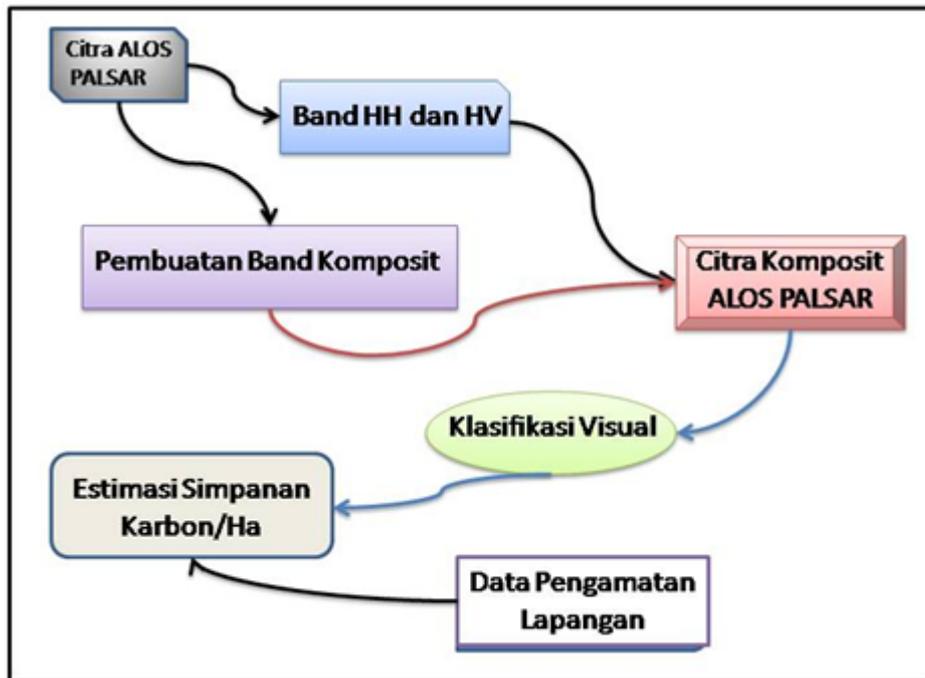
σ° = Backscatter (dB)

dN = Nilai digital (degree)

CF = Calibration factor dari Citra ALOS PALSAR peliputan tahun 2007 sebesar -83,0

(JAXA Publication)

Daerah penelitian yang dijadikan studi kasus adalah PT. Insani Bara Perkasa. Analisis citra ALOS PALSAR digunakan dengan pertimbangan citra ini bisa menembus awan sehingga dalam menentukan dugaan biomasa dan serapan karbon pada daerah reklamasi dan hutan sekunder dapat dilakukan dengan mudah. Lokasi perusahaan tersebut terletak di perbatasan Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Kutai Barat, Propinsi Kalimantan Timur serta merupakan daerah lintasan garis katulistiwa sehingga sering terjadi kebakaran hutan dan banyak awan.



Gambar 5. Bagan Alir pengolahan Citra ALOS PALSAR

4.1. Penghitungan Biomassa

Metode allometrik merupakan cara untuk pengukuran pertumbuhan tanaman yang dinyatakan dalam bentuk hubungan-hubungan eksponensial atau logaritma antar organ tanaman yang terjadi secara harmonis dan perubahan secara proporsional (Parresol, 1999). Metode allometrik dinyatakan dalam bentuk formulasi logaritmik sbb:

$$Y = a X^b$$

dimana:

- Y = variabel bergantung (dalam hal ini kandungan biomass)
- X = variabel bebas (dalam hal ini dapat berupa diameter batang atau tinggi pohon)
- a, b = konstanta

Martin et al. (1998) menyatakan bahwa persamaan allometrik dapat digunakan untuk menghubungkan antara diameter batang pohon dengan variabel yang lain seperti volume kayu, biomassa pohon, dan kandungan karbon pada tegakan hutan yang masih berdiri (standing stock).

Dengan asumsi bahwa kerapatan kayu mempengaruhi parameter a dari fungsi bentuk logaritmik diatas dan biomassa di atas tanah sebanding dengan D^2H , maka model logaritmik dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$B \text{ (kg per pohon)} = 0,11 \rho D^{2+0,62}$$

Untuk memperoleh pendugaan biomasa pada plot yang dilakukan estimasi pada lokasi reklamasi adalah melalui persamaan alometrik Ketterings et al. (2001) dibawah ini

$$B \text{ (kg per pohon)} = 0,1 x 0,41 x D^{2+0,62}$$

B adalah biomasa dan D adalah diameter pohon yang diperoleh dari pengumpulan data di lapangan.

Sedangkan estimasi pendugaan biomasa pada plot di lokasi hutan alam/sekunder adalah melalui persamaan alometrik ini

$$B \text{ (kg per pohon)} = 0,118 \times D^{2,31}.$$

B adalah biomasa dan D adalah diameter pohon yang diperoleh dari pengumpulan data di lapangan.

4.2. Analisis Penyerapan Karbon Dengan Citra Alos Palsar

Berdasarkan hasil analisis terhadap data citra Alos Palsar yang pada daerah Kuasa Pertambangan PT. Insani Bara Perkasa, kandungan karbon (*C-stock*) dihitung dengan menggunakan pendekatan biomassa dengan asumsi 50 % dari biomassa adalah karbon yang tersimpan. Diperoleh hasil bahwa *C-stock* di Kuasa Pertambangan PT Insani Bara Perkasa dari berbagai karbon pool seperti terlihat pada Tabel 1 sampai 3.

Tabel 1
Kandungan Karbon (*C-stock*) di Lokasi Reklamasi PT. Insani Bara Perkasa

Reklamasi I	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-90,4103	-102,057	1233,223	12332,23	6166,115
II	-88,6573	-101,019	2286,657	22866,57	11433,29
III	-90,5306	-99,3919	1048,406	10484,06	5242,031
IV	-96,5009	-108,323	3779,709	37797,09	18898,55
V	-93,2683	-101,067	5143,583	51435,83	25717,92

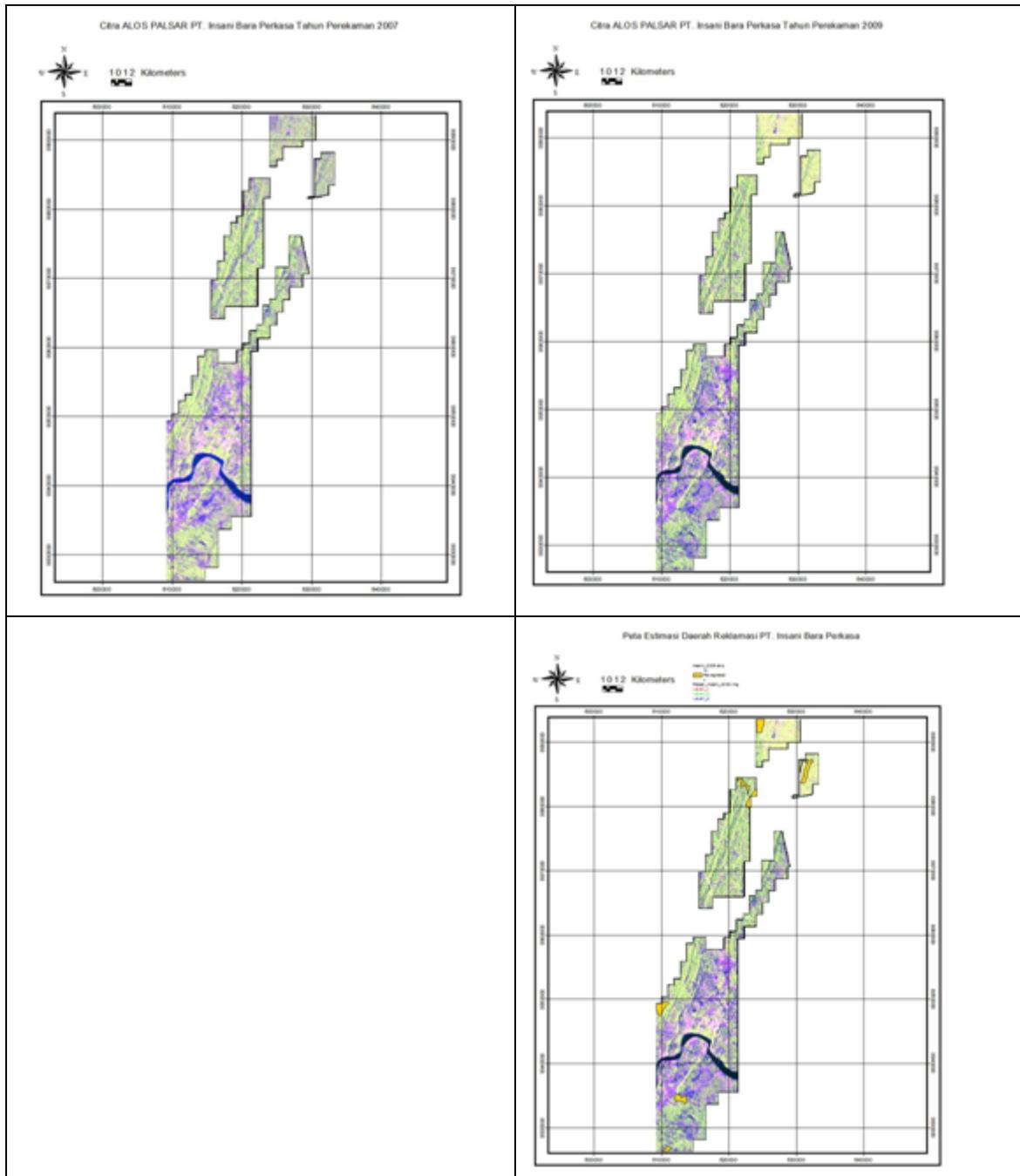
Tabel 2
Kandungan Karbon (*C-stock*) di Lokasi Reklamasi PT. Insani Bara Perkasa

Reklamasi II	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-94,8174	-99,235	663,1821	6631,821	3315,911
II	-98,9562	-103,486	282,1982	2821,982	1410,991
III	-97,5227	-100,509	484,3698	4843,698	2421,849
IV	-93,8701	-97,8546	428,3886	4283,886	2141,943
V	-93,8331	-97,9379	306,839	3068,39	1534,195

Tabel 3
Kandungan Karbon (*C-stock*) di Lokasi Hutan Alam/Sekunder PT. Insani Bara Perkasa

Hutan Alam	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-93,9745	-103,267	1235,307	30882,68	15441,34
II	-94,3661	-99,8177	922,4744	23061,86	11530,93
III	-90,6783	-96,2682	658,3713	16459,28	8229,641
IV	-92,596	-95,4894	776,0486	19401,22	9700,608
V	-93,1242	-97,2619	84,42723	2110,681	1055,34

Dari hasil pengukuran tersebut, daerah reklamasi pada PT. Insani Bara Perkasa memiliki potensi rata-rata simpanan karbon sebesar 7,83 Ton/Ha sementara pada daerah Base Line sebesar 9,19 Ton/Ha.



Gambar 6
Citra Alos Palsar PT Insani Bara Perkasa

Kemudian untuk mengetahui besaran tutupan lahan di masing-masing lokasi penelitian dengan menggunakan nilai biomasa sebagai variabel dependen dan nilai Hh dan HV sebagai variabel independen maka didapat bentuk persamaan regresi untuk menduga besaran tutupan lahan sebagai berikut

$$\text{Biomasa} = 160 + 2,52 \text{ HH} - 1,25 \text{ HV}$$

dimana:

Biomassa	: Nilai Biomassa (Ton)
HH	: nilai Backscatter HH (dB)
HV	: nilai Backscatter HV (dB)

Hasil penafsiran secara visual di PT Insani Bara Perkasa menghasilkan estimasi luasan tutupan lahan sebagai berikut; untuk vegetasi 26.968,057 Ha, non vegetasi 21.863,603 Ha, dan daerah reklamasi 1.111,265 Ha.

Dengan menghubungkan antara luas daerah Reklamasi dan Base Line/hutan sekunder, serta potensi simpanan karbon yang di peroleh dari pengukuran lapangan, maka dapat dihasilkan estimasi serapan karbon pada daerah Reklamasi dan Base Line/hutan sekunder antara lain ; Vegetasi 247.836,444 ton/Ha dan daerah reklamasi 8.701,205 ton/Ha.

Hasil klasifikasi dan analisis terhadap citra Alos Palsar yang digunakan diakuisisi pada tahun 2009 dapat ditampilkan pada Gambar 6.

Hasil dari analisis memperlihatkan bahwa kegiatan reklamasi dan baseline area/hutan sekunder di kawasan pertambangan PT. Insani Bara Perkasa, kontribusi penyerapan karbonnya masih relative kecil dibandingkan dengan luasan wilayah kabupaten Kutai kartanegara dan Kutai baarat, Provinsi Kalimantan Timur. Pemantauan di lapangan menunjukkan bahwa kegiatan reklamasi di daerah pertambangan berjalan dengan baik sesuai dengan arahan dari pemerintah dalam hal ini direktorat lingkunagn – minerba kementerian energy dan sumberdaya mineral.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis terhadap 12 scene citra ALOS Palsar, bahwa pengukuran pada PT Insani Bara Perkasa menghasilkan potensi simpanan karbon sebesar 7,83 Ton/Ha pada daerah reklamasi dan 9,19 Ton/Ha pada daerah Base Line. Sedangkan estimasi serapan karbon pada daerah Reklamasi PT Insani Bara Perkasa sebesar 39.312,29 ton dan 1.260.146,41 ton pada daerah base line

Didasari oleh hasil analisis yang diperoleh, maka disarankan bahwa Setiap perusahaan sebaiknya melaporkan kondisi sekitar tambang secara berkala setiap tahun dalam bentuk citra, sehingga perkembangan kegiatannya dapat dipantau. Model kajian ini disarankan juga digunakan untuk memantau adanya kerusakan lingkungan pada suatu wilayah karena dapat dilakukan dengan cepat dan menghemat waktu untuk cakupan yang luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arief, A. 2005. *Hutan dan kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- [2]. Australian Greenhouse Office, 1999. *National carbon accounting system, methods for estimating woody biomass*, Technical Report No.3, Commonwealth of Australia
- [3]. Brown, Sandra, 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer*. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.
- [4]. Heiskanen, 2006. *Biomass ecv repport*. www.fao.org/GTOS/doc/ECVs/T12-biomass-standards-reportv01.doc
- [5]. [JAXA] Japan Aerospace Exploration Agency. 2010. *PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*. <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/abouut/palsar.htm> [31 Maret 2010].
- [6]. Ketterings QM, Coe, R, van Noordwijk, M, Ambagau, Y, Palm, CA. 2001. *Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests*. Forest Ecology and Management 120:199-209.
- [7]. Martin, J.G., Kloeppe, B.D., Schaefer, T.L., Kimbler, D.Land McNutly, S.G., 1998. Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern appalachian tree species. *J. For. Res.* 28: 1648-1659.
- [8]. Parresol, B.R. 1999. *Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons*. *For. Sci.* 45(4): 573-593.
- [9]. Walpole, E.R. 2006. *Probability and statistics for enginereer scientists*. Prentice Hall; 8 edition

