

ESTIMASI BIOMASSA HUTAN SEKUNDER DAN DAERAH REKLAMASI MENGGUNAKAN TEKNOLOGI INDERAJA DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI

M. LUTFI dan HARRY T. ANTONO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: lutfi@tekmira.esdm.go.id; harryta@tekmira.esdm.go.id

SARI

Berkaitan dengan perubahan iklim, hutan mempunyai peran dalam menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer karena hutan merupakan sumber emisi karbon dan mampu pula menyerap karbon serta menyimpannya (*sink*) dalam biomassa hutan. Hal itu sering disebut sebagai program penyimpanan karbon. Untuk mengembangkan program penyimpanan karbon dibutuhkan data cadangan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa. Untuk itu diperlukan teknik yang efektif dan mudah dalam menduga cadangan karbon pada suatu hamparan vegetasi. Penelitian ini dilakukan untuk memperkirakan kandungan karbon di daerah reklamasi dan hutan sekunder yang diakibatkan aktifitas penambangan menggunakan persamaan alometrik biomassa.

Persamaan ini dibuat berdasarkan nilai biomassa yang diperoleh dengan melakukan pemercontohan, yaitu dengan menggunakan analisis regresi antara biomassa dengan diameter pohon (D). Pendugaan biomassa dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik tersebut. Lokasi penelitian terletak di kawasan PT. Gunung Bayan Pratama Coal, yaitu di perbatasan antara Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kutai Barat, Propinsi Kalimantan Timur.

Persamaan alometrik biomassa yang diperoleh di daerah reklamasi adalah: $B = 0,1 \times 0,41 \times D^{2+0,62}$ dan untuk hutan sekunder: $B = 0,118 \times D^{2,31}$. Persamaan alometrik ini dapat digunakan untuk menduga karbon yang tersimpan dalam hutan vegetasi hutan sekunder.

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis menggunakan teknik penginderaan jauh. Hasil analisis terhadap citra Alos Palsar pada kuasa pertambangan PT. Gunung Bayan Pratama Coal menghasilkan potensi simpanan karbon sebesar 22,351 ton/ha pada daerah reklamasi dan 29,675 ton/ha pada daerah hutan sekunder. Sedangkan estimasi serapan karbon pada daerah reklamasi PT Gunung Bayan Pratama Coal sebesar 39.312,29 ton/ha dan 1.260.146,41 ton/ton 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

ABSTRACT

Forest has an important role in stabilizing CO₂ concentrations in the atmosphere as a source of carbon emissions and can absorb and store the carbon. It is often called as a carbon sink program. To develop this program, it needs carbon stock data that stored in the form of biomass using an effective technique and easy to use. This study is aimed to estimate the carbon content in the area of reclamation and secondary forest resulting from mining activities by means of biomass allometric equation.

Biomass values obtained by non-destructive method of sampling were used to develop allometric equation using regression analysis between the biomass and the diameter of the tree. The study case was located at mine concession of PT. Gunung Bayan Pratama Coal, at the border of Kutai Kartanegara and West Kutai Districts, East Kalimantan Province.

The allometric biomass equations for the reclamation area are: $B = 0.1 \times 0.41 \times D^2 + 0.62$, and for secondary forests: $B = 0.118 \times D^2 - 31$. This biomass allometric equations can be used to predict the 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. Gunung Bayan Pratama Coal describes that carbon sink potential is 22,351 tons/ha in reclamation area and 1.260.146,41 tons/ha in secondary forest. The estimation of carbon uptake in the reclamation area of PT Gunung Bayan Pratama Coal is 39312.29 tons/ha and 1,260,146.41 tons/ha for the area of secondary forest. Those data suggest that the reclamation activity in the study area gave a little contribution to the carbon sink program yet.

Keywords: forest, biomass, carbon stock, Allometric equation

PENDAHULUAN

Saat ini telah terjadi peningkatan suhu udara dunia sebagai akibat pemanasan global (*global warming*). Pemanasan global dipicu oleh kegiatan manusia terutama yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar fosil (BBF) dan kegiatan alih-guna lahan. Kawasan hutan mempunyai peran penting sebagai sumber emisi karbon dan mampu pula menyerap karbon serta menyimpannya dalam biomassa hutan. Pada permukaan bumi kurang lebih 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 *penyimpanan karbon*. Karbon organik sebagai hasil fotosintesis akan disimpan dalam biomassa berbentuk 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 unsur hara lainnya dalam suatu ekosistem serta pengaruhnya terhadap siklus biogeokimia.

Teknik penginderaan digunakan sebagai metode inventarisasi hutan dan pemantauan sumberdaya lainnya. Posisi geografis Indonesia yang berada pada daerah tropis dengan dua musim dalam setiap tahunnya menjadi salah satu kendala bila 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.

Untuk mengatasi kelemahan dari citra optik, 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*) (Jaxa, 2006).

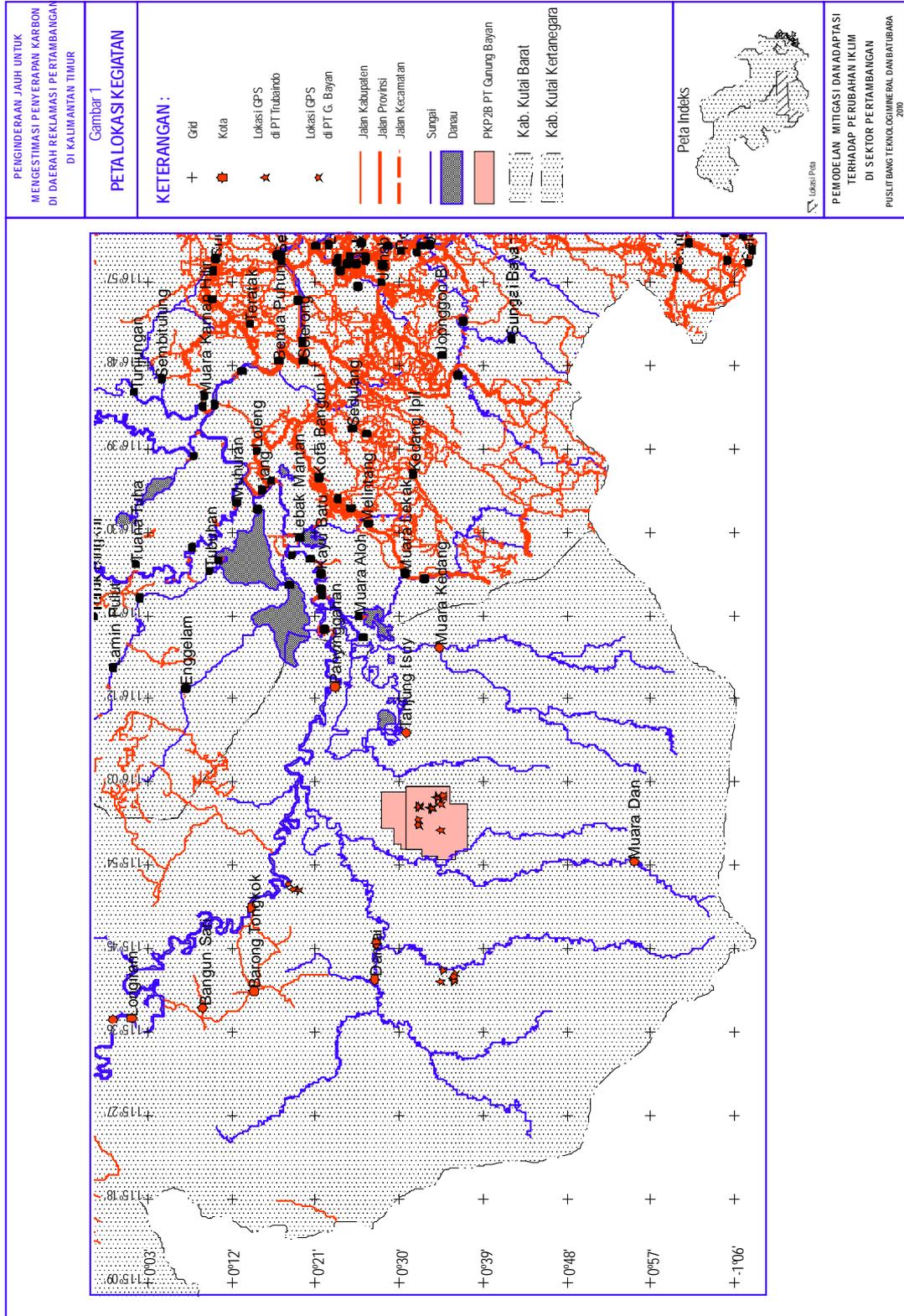
Sensor PALSAR merupakan pengembangan lebih lanjut dari sensor SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Sensor ini merupakan sensor gelombang mikro aktif yang memiliki keistimewaan dapat menembus lapisan awan tebal. Sensor ini cocok digunakan untuk memperoleh informasi penutupan lahan di Pulau Jawa dan Bali, 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 diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan, deforestasi, dan kebakaran hutan telah menyebabkan tingginya tingkat emisi karbon ke atmosfer dan memicu terjadinya proses pemanasan global. Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi dan memberikan informasi mengenai cadangan karbon di hutan sekunder dan kawasan reklamasi pertambangan dengan menggunakan teknologi inderaja. Hal itu diharapkan dapat mendukung program pemerintah guna menekan perubahan iklim global melalui peningkatan fiksasi karbon dalam biomassa tanaman/hutan.

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. Kawasan tersebut dikelola PT. Gunung Bayan Pratama Coal (PKP2B).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODOLOGI

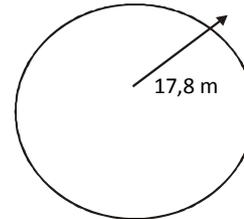
Metodologi Penelitian

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

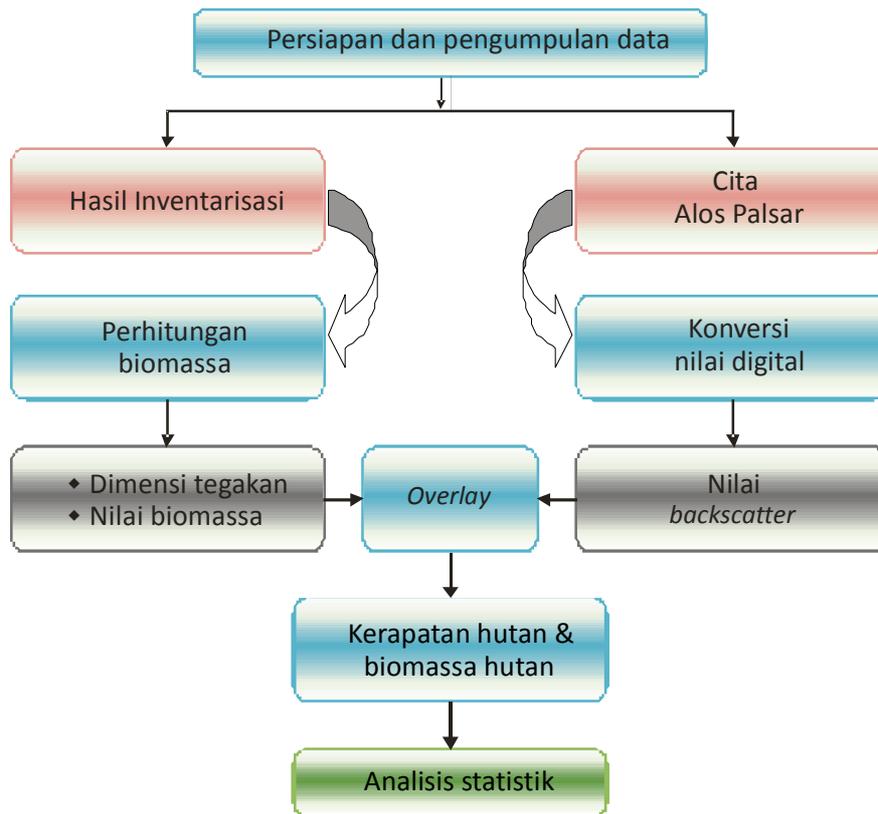
Analisis spasial dilakukan untuk menentukan zonasi daerah yang mengalami kerusakan atau berubahnya fungsi lahan, yaitu menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan dibantu oleh hasil *tracking* GPS dalam penentuan titik kontrol (GCP) di lapangan. Titik kontrol tersebut juga diperlukan dalam proses koreksi geometrik. Untuk membantu interpretasi digunakan pula peta penggunaan lahan. Metode kegiatan ini secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 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 dilakukan dengan pemercontohan. Jumlah plot 5 buah per jenis tanaman, luas per plot 0,1 Ha dengan jari-jari 17,8 m. Di dalam plot tersebut dicatat jenis pohon, tinggi pohon dan diameter pohon.



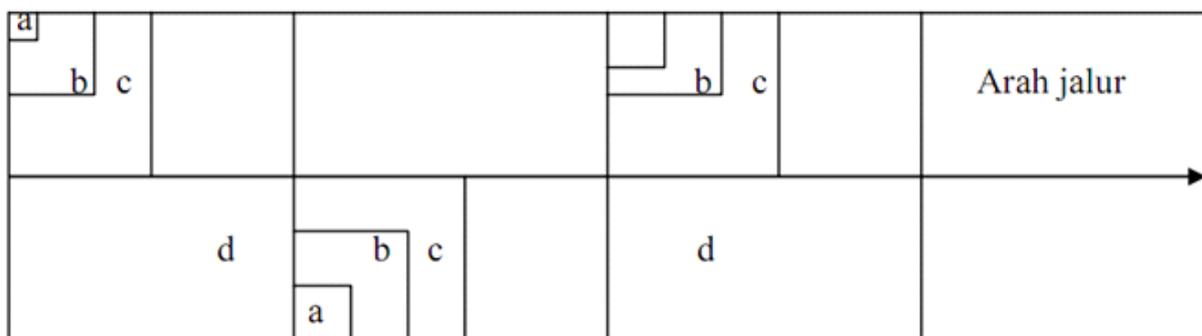
Gambar 3. Sketsa plot pengukuran



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Pengukuran di hutan alam menggunakan metode jalur dengan panjang jalur 100m dan lebar jalur 20m (lihat Gambar 4). Petak (a) berukuran 2m x 2m untuk pengukuran semai, merupakan anakan pohon mulai kecambah sampai setinggi 1,5m. Petak (b) berukuran 5x5m untuk pengukuran pancang, merupakan anakan pohon dengan tinggi e" 1,5m dan diameter < 7cm. Petak (c) berukuran 10x10m untuk pengukuran tiang, yang merupakan pohon muda dengan diameter mulai 7 cm hingga < 20cm. Petak (d) berukuran 20x20m untuk pengukuran pohon dengan diameter e" 20cm. Di dalam petak pengukuran tersebut dicatat nama jenis untuk semai, pancang, tiang, dan pohon, serta diameter dan tinggi total pancang, tiang, dan pohon.

Selanjutnya dipilih model regresi terbaik dengan memperhatikan standar kriteria perbandingan model, yaitu : koefisien determinasi (R²), 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 analisis 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 yaitu nilai BEF 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan.



Gambar 4. Desain unit contoh vegetasi

Penghitungan biomassa dilakukan 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 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 cara untuk memilih garis regresi yang membuat jumlah kuadrat jarak vertikal dari titik y pengamatan ke garis regresi sekecil mungkin (Walpole, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian citra satelit yang digunakan adalah Alos Palsar dengan sistem polarisasi menggunakan band sintetik yaitu HH (*horizontal-horizontal*), HV (*horizontal-vertical*), 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 dipakai untuk Mencari nilai HH dan HV sbb:

$$HH (dB) = 10 * \text{Log}_{10}(\text{DN-HH}) - 83,2$$

$$HV(dB) = 10 * \text{Log}_{10}(\text{DN-HV}) - 80,2$$

Keterangan:

HH = nilai Backscatter HH

HV = nilai Backscatter HV

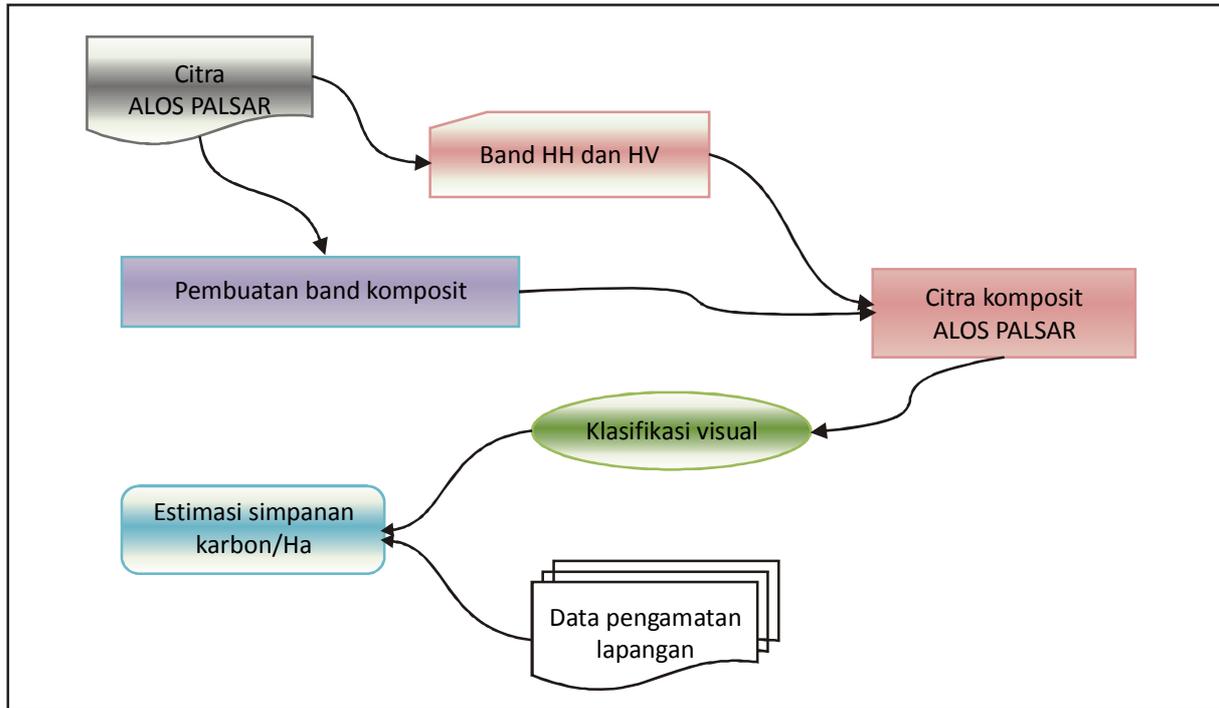
DN-HH = nilai Dijital dari band HH

DN-HV = nilai Dijital dari band HV

Daerah penelitian yang dijadikan studi kasus adalah kawasan PT. Gunung Bayan Pratama Coal. 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.

Martin dkk. (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. Dengan asumsi bahwa kerapatan kayu memengaruhi parameter a dari fungsi bentuk logaritmik di atas dan biomassa di atas tanah



Gambar 5. Bagan alir pengolahan citra Alos palsar

Penghitungan Biomassa

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

$$Y = a X^b$$

Keterangan :

- Y = variabel bergantung (kandungan biomassa)
- X = variabel bebas (diameter batang atau tinggi pohon)
- a, b = konstanta

sebanding dengan D^2H , maka model logaritmik dapat disederhanakan menjadi :

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

Untuk memperoleh estimasi biomassa pada plot di lokasi reklamasi digunakan persamaan alometrik Ketterings dkk. (2001) sebagai berikut

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

B adalah biomassa dan D adalah diameter pohon yang diperoleh dari pengumpulan data di lapangan. Sedangkan estimasi biomassa pada plot di lokasi hutan alam/sekunder digunakan persamaan alometrik berikut (Brown, 1997).

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

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

Analisis Penyerapan Karbon dengan Citra Alos Palsar

Berdasarkan hasil analisis terhadap data citra Alos Palsar pada daerah Kuasa Pertambangan PT. Gunung Bayan Pratama Coal, kandungan karbon (*C-stock*) dihitung dengan menggunakan pendekatan biomassa dengan asumsi 50 % dari biomassa adalah karbon yang tersimpan. Diperoleh hasil *C-stock* di Kuasa Pertambangan PT Gunung Bayan Pratama Coal seperti terlihat pada Tabel 1 sampai 4.

Pengukuran pada wilayah PT. Gunung Bayan Pratama Coal menghasilkan potensi rata-rata simpanan

karbon sebesar 22,351 ton/ha pada daerah reklamasi dan 29,675 ton/ha pada daerah hutan sekunder.

Untuk mengetahui besaran tutupan lahan di masing-masing lokasi penelitian digunakan nilai biomasa sebagai variabel tidak bebas dan nilai HH dan HV sebagai variabel bebas. Diperoleh bentuk persamaan regresi untuk menduga besaran tutupan lahan sebagai berikut;

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

Keterangan:

Biomassa : Nilai Biomassa (ton)

HH : nilai *Backscatter* HH (dB)

HV : nilai *Backscatter* HV (dB)

Tabel 1. Kandungan karbon (*C-stock*) di lokasi reklamasi sengon PT. Gunung Bayan Pratama Coal

Sengon	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-98,0825	-98,0728	3989,811	39898,11165	19949,06
II	-97,6823	-99,5921	3249,182	32491,82053	16245,91
III	-96,6835	-103,711	3888,44	38884,39854	19442,2
IV	-100,387	-100,398	3859,679	38596,78794	19298,39
V	-91,2626	-100,995	2679,659	26796,59172	13398,3

Tabel 2. Kandungan karbon (*C-stock*) di lokasi reklamasi karet PT. Gunung Bayan Pratama Coal

Karet	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-112,014	-109,195	85,64739	856,4738924	428,2369
II	-96,4209	-116,118	41,85802	418,580181	209,2901
III	-102,081	-110,804	184,7185	1847,185285	923,5926
IV	-88,7186	-109,195	348,2106	3482,105584	1741,053
V	-95,1548	-98,3141	204,341	2043,409838	1021,705

Tabel 3. Kandungan karbon (*C-stock*) di lokasi reklamasi akasia PT. Gunung Bayan Pratama Coal

Akasia	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-94,605	-98,8363	7435,251	74352,51231	37176,26
II	-98,3517	-100,157	8025,244	80252,43962	40126,22
III	-94,126	-103,646	11528,19	115281,8538	57640,93
IV	-95,4255	-104,352	8136,332	81363,31681	40681,66
V	-98,414	-105,512	13396,44	133964,3708	66982,19

Tabel 4. Kandungan karbon (*C-stock*) di lokasi hutan alam PT. Gunung Bayan Pratama Coal

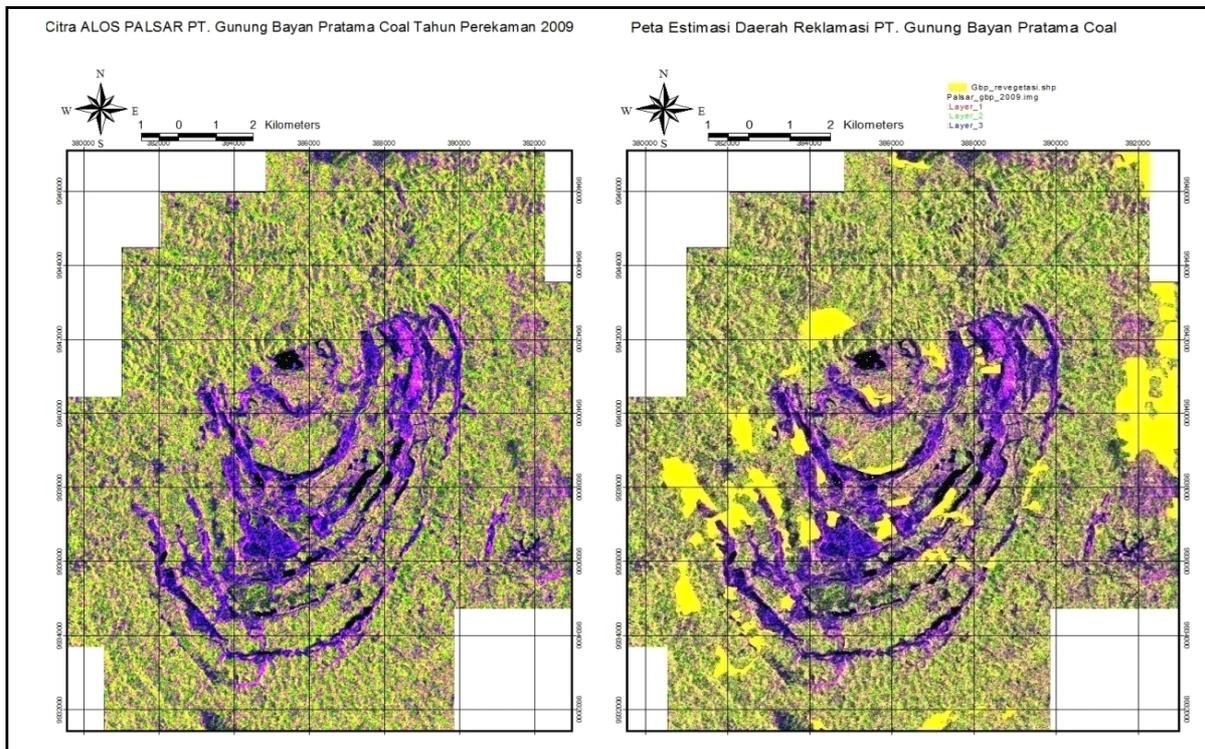
Hutan Alam	HH	HV	Biomassa (Kg)	Biomassa (Kg/Ha)	Karbon (Kg/Ha)
I	-97,2997	-98,5983	2702,228	67555,69423	33777,85
II	-95,7454	-98,1754	1405,773	35144,31758	17572,16
III	-90,3063	-97,7885	2351,418	58785,44139	29392,72
IV	-98,5274	-116,254	1022,312	25557,81151	12778,91
V	-102,88	-116,678	4388,345	109708,627	54854,31

Hasil interpretasi secara visual pada citra di konsesi PT. Gunung Bayan Pratama Coal menghasilkan estimasi luasan tutupan lahan sebagai berikut: untuk vegetasi 42.464,917 ha, non vegetasi 5.340,521ha, dan daerah reklamasi 1.758,877 ha.

Dengan menghubungkan antara luas daerah reklamasi dan hutan sekunder, serta potensi simpanan karbon yang diperoleh dari pengukuran lapangan, maka dapat dihasilkan estimasi serapan karbon pada daerah reklamasi dan hutan sekunder sebagai berikut: vegetasi 1.260.146,412 ton/ha dan daerah reklamasi 39.312,289 ton/ha.

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

Hasil dari analisis memperlihatkan bahwa kegiatan reklamasi dan hutan sekunder di kawasan pertambangan PT. Gunung Bayan Pratama Coal, kontribusi penyerapan karbonnya masih relatif kecil dibandingkan dengan luasan wilayah Kabupaten Kutai kartanegara dan Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Pemantauan di lapangan menunjukkan bahwa kegiatan reklamasi di daerah pertambangan berjalan dengan baik sesuai dengan



Gambar 6. Hasil klasifikasi dan analisis citra Alos Palsar

arahan dari pemerintah dalam hal ini Direktorat Lingkungan – Minerba Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Persamaan alometrik biomassa yang diperoleh di daerah reklamasi adalah : $B = 0,1 \times 0,41 \times D^{2+0,62}$ dan untuk hutan sekunder: $B = 0,118 \times D^{2,31}$. Persamaan alometrik biomassa ini dapat digunakan untuk menduga karbon yang tersimpan dalam hutan dengan pendekatan biomassa yaitu 50% dari cadangan karbon yang tersimpan pada vegetasi hutan sekunder.
- Hasil analisis terhadap citra ALOS PALSAR pada kuasa pertambangan PT. Gunung Bayan Pratama Coal menghasilkan potensi simpanan karbon sebesar 22,351 ton/ha pada daerah reklamasi dan 29,675 ton/ha pada daerah hutan sekunder. Sedangkan estimasi serapan karbon pada daerah reklamasi PT Gunung Bayan Pratama Coal sebesar 39.312,29 ton dan 1.260.146,41 ton pada daerah hutan sekunder.
- Hasil analisis memperlihatkan bahwa kegiatan reklamasi pada kuasa pertambangan PT. Gunung Bayan Pratama Coal masih memberikan kontribusi yang relatif kecil terhadap penyerapan karbon. Namun kegiatan reklamasi di lapangan masih berjalan dengan baik sesuai dengan arahan pemerintah.

Saran

Setiap perusahaan sebaiknya melaporkan kondisi sekitar tambang secara berkala setiap tahun dalam bentuk citra, sehingga perkembangan kegiatannya dapat dipantau. Model ini dapat digunakan untuk memantau adanya kerusakan lingkungan pada suatu wilayah karena dapat dilakukan dengan cepat dan menghemat waktu untuk cakupan yang cukup luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada PT. Gunung Bayan Pratama Coal yang telah memberi ijin lokasi untuk melakukan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Retno Damayanti, Bapak Adhi Wibowo, Ibu Nining Puspaningsih. Saudara Faris Salman serta Risa Syarif (mahasiswa tugas akhir Fakultas Kehutanan IPB Bogor) yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. 2005. *Hutan dan kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Australian Greenhouse Office. 1999. *National carbon accounting system, methods for estimating woody biomass*. Technical Report No. 3, Commonwealth of Australia.
- Brown, Sandra, 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer. (*FAO Forestry Paper – 134*: 10-13). FAO, Rome.
- Heiskanen, 2006. *Biomass ecv report*. www.fao.org/GTOS/doc/ECVs/T12-biomass-standards-report-v01.doc
- Jaxa. 2006. PALSAR: *Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar*. <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/palsar.htm> (10 Juli 2010)
- Ketterings Q.M, Coe, R, van Noordwijk, M., Ambagau, Y, Palm, C.A., 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.
- Martin, J.G., Kloeppe, B.D., Schaefer, T.L., Kimbler, D.L and McNutly, S.G., 1998. Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern appalachian tree species. *J. For. Res.* 28: 1648-1659.
- Parresol, B.R. 1999. Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. *For. Sci.* 45(4): 573-593.
- Walpole, E.R. 2006. *Probability and statistics for engineerer scientists*. Prentice Hall; 8 edition