

ISBN : 978-979-8389-18-4



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN

Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian
Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri
(BKS-PTN) Wilayah Barat

VOLUME III

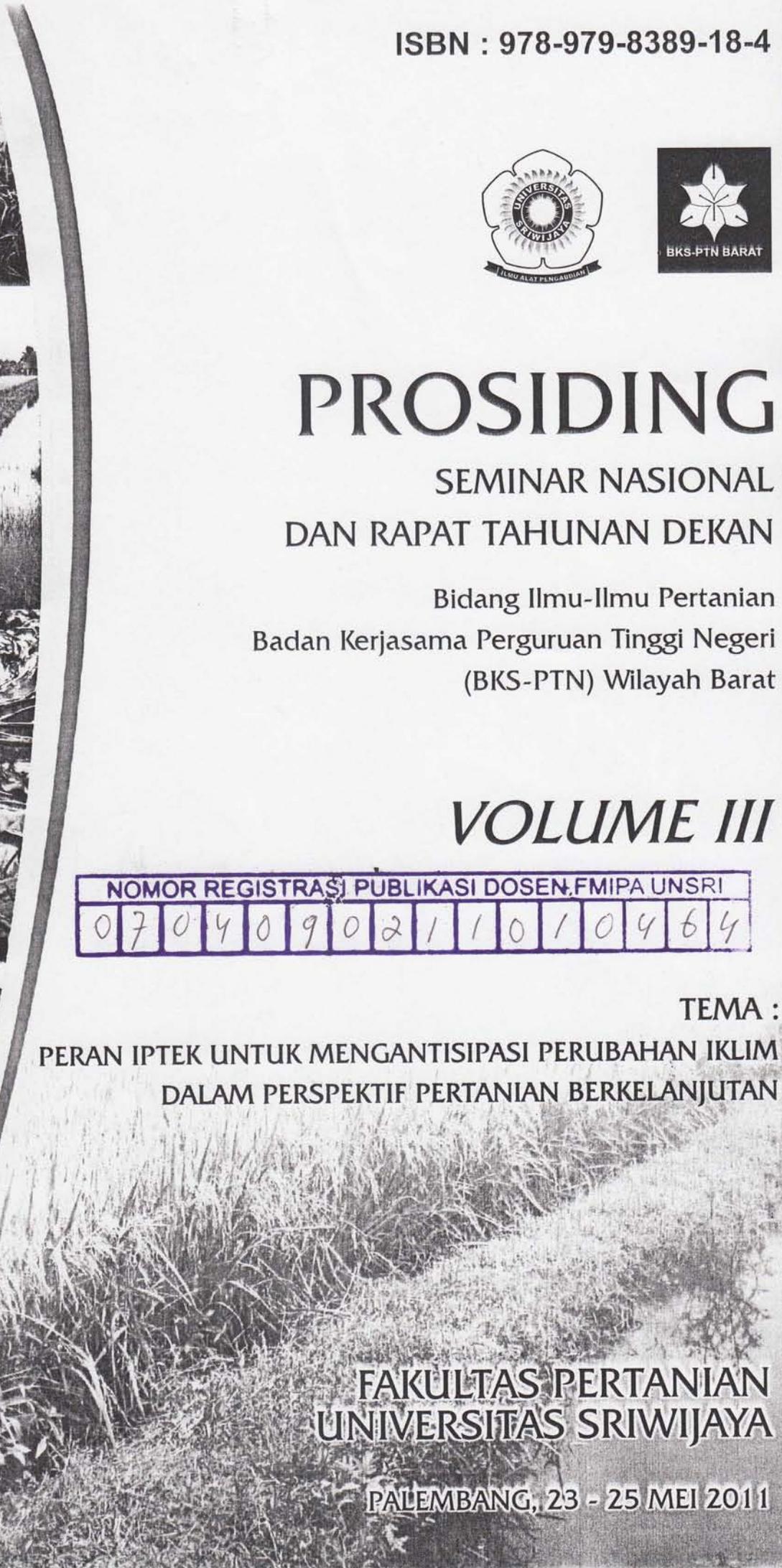
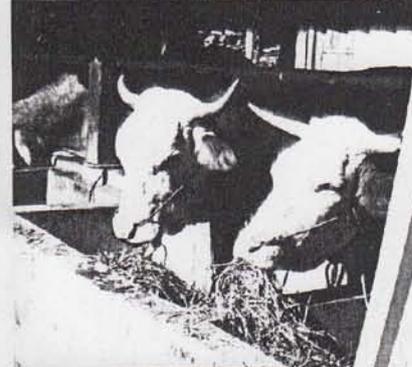
NOMOR REGISTRASI PUBLIKASI DOSEN FMIPA UNSRI

0	7	0	4	0	9	0	2	1	1	0	1	0	4	6	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

TEMA :
PERAN IPTEK UNTUK MENGANTISIPASI PERUBAHAN IKLIM
DALAM PERSPEKTIF PERTANIAN BERKELANJUTAN

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PALEMBANG, 23 - 25 MEI 2011



KANDUNGAN CADANGAN KARBON PADA AREA SUKSESI INDUSTRI PERTAMBANGAN DI PAPUA : MITIGASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Hilda Zulkifli, Yuanita Windusari, Indra Yustian, Desly Herlinawati

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

email : hilda.zulkifli@yahoo.com atau ywindusari@yahoo.com

ABSTRAK

Biomassa hutan menyediakan informasi penting mengenai potensi penyerapan dan produktivitas hutan, sehingga estimasi cadangan karbon dapat digunakan untuk mengatasi (mitigasi) dampak perubahan iklim. Penelitian mengenai kandungan karbon pada area suksesi industri pertambangan telah dilakukan di area suksesi Tanggul Ganda yang merupakan kawasan pengendapan tailing inaktif PT Freeport Indonesia selama Maret hingga Mei 2010. Metode sampling biomassa menggunakan line transect method dengan menyatakan 50% nilai biomassa merupakan cadangan karbon tersimpan dan dihitung berdasarkan persamaan Allometrik. Hasil menunjukkan bahwa nilai cadangan biomassa karbon tertinggi ditemukan pada blok B5BL sebesar 98,88 ton/ha pada area suksesi alami dan sebesar 530,77 ton/ha ditemukan pada blok B12BB pada area reklamasi Casuarina sp. Kedua area merupakan kawasan hutan suksesif tipe intermediate yang menunjukkan peralihan vegetasi dari dominansi vegetasi pionir menuju ke hutan muda. Variasi biomassa individu pohon sangat dipengaruhi kerapatan dan jenis vegetasi.

Kata kunci : cadangan karbon, nilai biomass

PENDAHULUAN

Sebagai hasil dari proses produksinya, PT Freeport Indonesia (PTFI) menghasilkan pasir sisa tambang (SIRSAT) yang dikelola dan diendapkan pada suatu kawasan dataran rendah dan menjadi bagian dari bantaran sungai Ajkwa dengan luas ± 235 km persegi. Kawasan pengendapan direkayasa dan dikelola secara khusus dengan membangun tanggul sepanjang aliran tailing pada bagian barat dan timur, sehingga kawasan tersebut kemudian dikenal sebagai *Modification Ajkwa Deposition Area* (Mod-ADA).

Pada sisi barat ModADA terdapat area yang tidak lagi dialiri SIRSAT akibat dibangunnya tanggul baru di bagian barat tanggul lama yang disebut area Tanggul Ganda karena posisinya diantara dua buah tanggul barat. Seiring dengan waktu area Tanggul Ganda berkembang menjadi kawasan yang kondusif bagi perkembangan vegetasi dan diketahui endapan tailing mulai berkembang membentuk struktur tanah muda (Sinaga & Puradyatmika, 2006; Taberima, 2009). Proses suksesi yang berlangsung pada kawasan ini dijadikan sebagai acuan dan pertimbangan bagi pengelolaan kawasan pengendapan tailing, seperti reklamasi lahan dan pemantauan suksesi alami. Tujuannya adalah untuk mengembalikan fungsi kawasan menyerupai kondisi semula di era penutupan tambang.

Hutan tanaman berperan sebagai sumber kayu, pengatur tata air, ekowisata, dan sebagai penyerap karbon dioksida. Jumlah karbon yang diserap dan disimpan tanaman sebanding dengan jumlah karbon organik dalam tegakan (Basuki, Adi & Sukresno, 2004). Karbon yang dihasilkan tegakan hutan dapat diestimasi dari biomassa vegetasi. Biomassa hutan dinyatakan dalam berat kering oven per satuan area (ton/unit area). Kandungan biomassa pada berbagai komponen biomassa akan beragam, yaitu biomassa daun 3-5 % dan biomassa pada bagian kayu 60 % dari total biomassa pohon pada bagian atas tanah (*Total Above Ground Biomass*) pada hutan tertutup, dan hampir 50% dari biomassa suatu vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon (Brown, 1997). Hutan alami merupakan penyimpan karbon tertinggi. Jumlah C tersimpan ditentukan oleh keragaman dan

kerapatan tumbuhan, jenis tanah, dan cara pengelolaan. (Hairiah & Rahayu, 2007). Sekuestrasi karbon terjadi secara langsung melalui reaksi kimia anorganik yang mengkonversi CO₂ menjadi komponen karbon anorganik tanah seperti kalsium dan magnesium karbonat. Sedangkan secara tidak langsung melalui proses dekomposisi flora maupun fauna (Hairiah dkk., 2001)

Berdasarkan pernyataan yang disampaikan, maka pengukuran terhadap biomassa sangat dibutuhkan untuk mengetahui berapa besar jumlah karbon yang tersimpan di dalam hutan. Dalam hal ini kawasan hutan suksesi alami dan hutan reklamasi pada area Tanggul Ganda, dalam hal ini vegetasi di kawasan suksesi alami dan reklamasi area Tanggul Ganda PT. Freeport Indonesia.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan, yaitu pada bulan Februari – April 2010, berlokasi pada area Tanggul Ganda kawasan pertambangan PT. Freeport Indonesia, sedangkan analisis laboratorium dilakukan di TEL (*Timika Enviromental Laboratorium*) Kabupaten Mimika, Propinsi Papua.

Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi biomassa di atas permukaan dari suatu pohon / hutan yaitu pendekatan langsung dengan persamaan allometrik dan pendekatan tidak langsung dengan *biomass expansion factor* (faktor yang dikembangkan pada tingkat tegakan dari hutan dengan kanopi yang tertutup (rapat) dan tidak dapat digunakan untuk membuat estimasi dari pohon secara individu).

Biomassa pohon atau tegakan dihitung menggunakan *allometric equation* yaitu berdasarkan diameter batang setinggi 1,3 m diatas permukaan tanah. **Tabel 1** merupakan persamaan allometric equation untuk estimasi berbagai biomassa vegetasi. Kandungan karbon vegetasi hutan sekunder diestimasi menggunakan nilai biomassa dari persamaan alometrik ataupun nilai BEF dimana 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan (Adinugroho dkk., 2006)

Tabel 1. Persamaan allometrik untuk estimasi biomassa

Jenis pohon	Allometric equation
Pohon-pohon bercabang	$B = 0,11 \rho D^{2,62}$
Pohon tidak bercabang	$B = \pi \rho H D^2 / 40$
Nekromas (pohon mati)	$B = (\pi/40) \rho H D^2$
Kopi	$B = 0,281 D^{2,06}$
Pisang	$B = 0,030 D^{2,13}$
Sengon	$B = 0,0272 D^{2,831}$
Pinus	$B = 0,0417 D^{2,6576}$
Palm	$B = BA * H * \rho$

Keterangan :

B = Biomassa / berat kering tegakan (kg pohon⁻¹)

D = diameter pohon (cm) setinggi dada (1,3 m)

ρ = berat jenis kayu (g cm⁻³)

H = tinggi pohon (cm)

BA = basal area (cm²)

Penetapan plot sampling di area Tanggul Ganda mengikuti plot sampling yang ditentukan penelitian sebelumnya (Windusari dkk., 2009).

Tabel 2 Blok sampling pada area hutan suksesi alami Tanggul Ganda

No	Wilayah	Nama Blok	Kode Blok	Tipe Vegetasi	Luas Area (ha)
1	Tanggul Barat Lama	Blok 1	B4BL	Transisi	12
2	Tanggul Barat Lama	Blok 2	B5BL	Transisi	12
3	Tanggul Barat Baru	Blok 3	B1BB	Hutan Sekunder	16
4	Tanggul Barat Baru	Blok 4	B4BB	Transisi	8
5	Tanggul Barat Baru	Blok 5	B9BB	Transisi	20
6	Tanggul Barat Baru	Blok 6	B10BB	Transisi	28
7	Tanggul Barat Baru	Blok 7	B12BB	Transisi	20

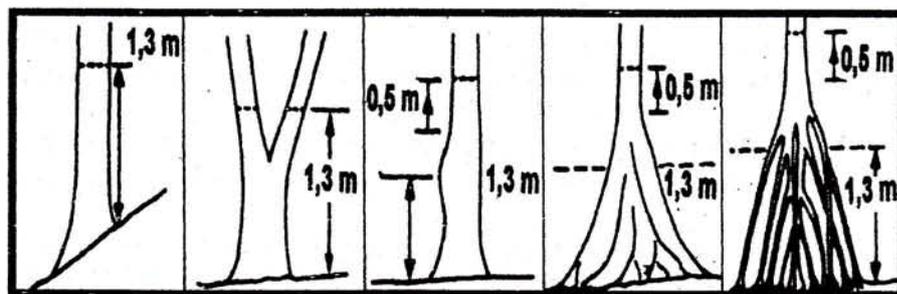
Tabel 3 Blok sampling pada area hutan reklamasi Tanggul Ganda

No	Wilayah	Nama Blok	Kode Blok	Status Area	Umur Lahan (ha)	Luas (ha)
1	Tanggul Barat Lama	Blok 1	Blok Kelapa	Reklamasi	12	0.3
2	Tanggul Barat Lama	Blok 2	Blok Kelapa Sawit	Reklamasi	11	0.5
2	Tanggul Barat Baru	Blok 4	Blok Matoa	Reklamasi	7	5
3	Tanggul Barat Baru	Blok 5	Blok Eucalyptus	Reklamasi	4	5
4	Tanggul Barat Baru	Blok 6	Blok Casuarina	Reklamasi	8	40

Peta tematik berupa kawasan reklamasi dan suksesi alami, serta data inventarisasi vegetasi yang ada digunakan sebagai bahan untuk orientasi lapangan. Ukuran plot dimodifikasi dari Hairiah *dkk* (2001) dan Hairiah & Rahayu (2007), yaitu plot berukuran 20 x 100 m untuk mengukur pohon dengan $d > 30$ cm (termasuk *dead standing tree/DST*), dan plot berukuran 5 x 40 m dalam plot utama dengan garis tengah sebagai sumbu untuk mengukur pohon $d = 5-30$ cm (termasuk *dead standing tree/DST*). Parameter ukur adalah diameter setinggi dada (DBH), tinggi pohon dan identifikasi jenis.

Estimasi kandungan karbon menggunakan metode *non-destructive*. Pohon dengan akar papan, akar nafas atau banir, DBH diukur dengan menambahkan 50 cm dari batas akar atau banir teratas jika tinggi banir terakhir melebihi 1,3 m seperti ditunjukkan

Gambar 1



Gambar 1 Cara mengukur *dbh* pohon dengan bentuk tidak beraturan (Hairiah & Rahayu (2007))

Analisis Data

Penetapan biomassa tegakan :

Penetapan berat jenis (BJ) kayu setiap jenis pohon dari bagian cabang ditimbang dan dikeringkan pada suhu 100 °C hingga diperoleh berat konstan dan dihitung menggunakan rumus : $\text{Volume kayu (cm}^3\text{)} = \pi R^2 T$

Dimana : R = Jari-jari potongan kayu = 1/2 x diameter (cm); T = Panjang kayu (cm)

Berat Jenis (g cm³) diperoleh dari berat kering berbanding lurus dengan volume kayu

Biomasa pohon dihitung menggunakan persamaan allometrik. Berat kering komponen penyimpan karbon dalam suatu luasan tertentu kemudian dikonversi ke nilai karbonnya dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{karbon biomasa} = \text{Total berat kering} * 0.50$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan **Tabel 4** diketahui umumnya komposisi vegetasi pada blok pengamatan merupakan vegetasi berdiameter kecil (<30cm). Hal ini menunjukkan komposisi kawasan hutan suksesi alami ditumbuhi vegetasi heterogen dengan ukuran diameter batang beragam, tetapi lebih didominasi vegetasi berdiameter kecil. Kondisi ini menjamin keberlangsungan hidup tegakan untuk mencapai tingkatan pohon. Makin besar diameter suatu vegetasi, maka jumlahnya akan makin menurun.

Tabel 4 Diameter vegetasi pada blok sampling di area hutan suksesi alami

Blok Penelitian	Diameter Pohon (cm)					
	5 - 10	10.1-15	15.1-20	20.1-25	25.1-30	> 30.1
B4BL	37	25	6	3	-	2
B5BL	37	13	2	1	1	-
B1BB	34	9	6	4	2	4
B4BB	16	4	7	-	1	5
B9BB	22	10	3	1	-	-
B10BB	8	10	2	1	-	1
B12BB	32	6	1	-	-	1

Blok B1BB dan B4BB merupakan kawasan hutan suksesi alami yang telah banyak ditumbuhi vegetasi tingkat pohon dengan d>30 cm, sehingga telah terbentuk hutan muda, sedangkan blok lain umumnya masih merupakan kawasan peralihan dari kawasan padang rumput *Phragmites karka* menuju ke bentuk hutan muda.

Kerapatan tegakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya biomassa. Bervariasinya biomassa individu pohon sangat dipengaruhi kerapatan individu (Tresnawan & Rosalina 2002). Rahayu *dkk.* (2004) menyatakan bahwa cadangan karbon pada suatu area dipengaruhi oleh jenis vegetasinya. Suatu area yang terdiri dari pohon dengan spesies yang mempunyai nilai kerapatan kayu tinggi, biomasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan kayu rendah.

Area B5BL memiliki kerapatan spesies tertinggi dengan 73 jenis tegakan dan nilai kerapatan 0.122 individu/ha, disusul B1BB dengan jumlah tegakan 59 jenis dan nilai

kerapatan 0.098 individu/ha. Kerapatan terendah ditemukan pada area B10BB dengan nilai 0,037 individu/ha.

Menurut Indriyanto (2006), setiap ekosistem menyimpan jumlah karbon berbeda-beda akibat perbedaan keanekaragaman dan kompleksitas komponen penyusun ekosistem. Kompleksitas mempengaruhi cepat atau lambatnya siklus karbon. Pada ekosistem hutan hujan tropis keanekaragaman biota (termasuk spesies tumbuhan) sangat tinggi, sehingga pengembalian karbon organik ke dalam tanah berjalan dengan cepat, dan karbon tersimpan dalam biomasa tumbuhan lebih besar dibandingkan dengan ekosistem lainnya (ekosistem hutan iklim sedang, padang rumput iklim sedang, dan ekosistem gurun).

Hutan berperan dalam upaya peningkatan penyerapan CO₂ dimana dengan bantuan cahaya matahari dan air dari tanah, vegetasi yang berklorofil mampu menyerap CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis.

Hasil penelitian membuktikan bahwa biomassa pohon berkorelasi positif dengan diameter dan tinggi total pohon namun berkorelasi lemah dengan cabang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Adinugroho & Sadiyasa (2001), bahwa diameter dan tinggi berkorelasi positif dengan biomassa akibat biomassa erat kaitannya dengan hasil fotosintesis yang diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan tanaman, dan diindikasikan melalui pertambahan tinggi dan diameter pohon.

Kandungan Karbon Area Tanggul Ganda pada Lokasi Penelitian.

Hasil perhitungan terhadap nilai biomassa dan kandungan karbon menggunakan persamaan allometrik ditampilkan pada Tabel 5 dan 6. Diketahui B5BL merupakan lokasi dengan karbon biomassa tertinggi untuk tingkat tegakan dengan nilai 89.88 ton/ha disusul oleh blok B4BB sebesar 60.16 ton/ha. Kawasan tersebut memiliki tipe vegetasi dengan komposisi dan kerapatan pohon yang cukup tinggi, sedangkan lokasi B5BL merupakan kawasan vegetasi peralihan dari rumput menuju ke bentuk hutan muda.

B12BB merupakan blok dengan biomassa karbon terendah (30.64 kg/ha). Rendahnya biomassa disebabkan kawasan tersebut memiliki nilai kerapatan rendah dan belum adanya tegakan berupa pohon.

Tabel 5 Carbon stock pada tegakan di area Tanggul Ganda PTFI kawasan suksesi alami

Blok	Tipe Vegetasi	Luas Area (ha)	Biomassa (ton/ha)	Kandungan C (ton/ha)	C Total (ton)
B4BL	Peralihan	12	103.26	51.63	619.58
B5BL	Peralihan	12	179.76	89.88	1078.56
B1BB	Hutan Muda	16	69.52	34.76	556.13
B4BB	Peralihan	8	120.32	60.16	481.26
B9BB	Peralihan	20	102.22	51.11	1022.16
B10BB	Peralihan	28	63.45	31.72	888.23
B12BB	Peralihan	20	61.28	30.64	612.81

Biomasa pohon tidak tergantung pada jumlah pohon tetapi tergantung pada seberapa besar ukuran diameter pohon. Makin besar diameter pohon, maka makin banyak biomasa pada pohon tersebut. Pertumbuhan diameter berhubungan dengan pertambahan biomassa

pohon serta berhubungan pula dengan jumlah karbon yang tersimpan di vegetasi. Oleh karena itu, korelasi positif diartikan dengan bertambahnya ukuran diameter pohon atau tinggi total pohon akan diikuti peningkatan biomassa pohon. Estimasi cadangan karbon pada tegakan di kawasan reklamasi area Tanggul Ganda, PT. Freeport Indonesia disajikan pada Tabel 7 :

Tabel 6 Carbon stock pada tegakan di kawasan reklamasi

Blok	Luas Area (ha)	Biomassa (ton/ha)	Kandungan C (ton/ha)	C stock Total (ton)
Kelapa	0.3	10.4	5.2	3.12
Kelapa Sawit	0.5	5.08	2.54	2.54
Matoa	5	58.24	29.12	145.61
Eucalyptus	5	198.92	99.46	497.30
Casuarina	40	1.061.55	530.77	21.230.93

Blok Casuarina sp merupakan lokasi yang menghasilkan biomassa karbon tertinggi untuk tingkat pohon sebesar 530.77 ton/ ha diikuti blok Eucalyptus sebesar 99.46 ton/ha. Besarnya biomassa karbon tegakan yang dihasilkan oleh blok Casuarina dari blok-blok yang lain dapat disebabkan oleh jenis vegetasi yang tumbuh di atasnya. Tanaman Casuarina dapat tumbuh dengan cepat di tanah tailing yang miskin hara sehingga dengan umur tanaman \pm 8 tahun telah mampu menghasilkan biomassa karbon sebesar 530.77 ton/ha dengan rata-rata diameter lebih dari 18 cm.

Tingginya konsentrasi biomassa tersebut juga sesuai dengan pernyataan Odum (1993) dan Kormondy (1991) dalam Indriyanto (2006) bahwa hasil dari kegiatan metabolisme adalah pertumbuhan dan penambahan, penimbunan biomassa, dan penimbunan biomassa itu disebut produksi. Baik produksi maupun produktivitas keduanya secara umum berhubungan dengan biomassa pada tingkat tropik tertentu (Kendeigh, 1980 di dalam Indriyanto: 2006)

Kandungan karbon dapat diestimasi menggunakan nilai biomassa yang diperoleh dari persamaan alometrik dimana 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan (Adinugroho *dkk.*, 2006). Biomassa setiap bagian pohon terbesar diperoleh pada pohon berdiameter paling besar (>30 cm). Hal ini disebabkan biomassa berkaitan erat dengan proses fotosintesis, biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan kearah horisontal dan vertikal. Hal sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Adinugroho & Sidiyasa (2006), Biomassa pada setiap bagian pohon meningkat secara proporsional dengan semakin besarnya diameter pohon sehingga biomassa pada setiap bagian pohon mempunyai hubungan dengan diameter pohon.

Umur suatu tanaman di lahan reklamasi maupun agroforesti sangat mempengaruhi besarnya biomassa yang dihasilkan. Selain itu, besarnya diameter batang, jenis vegetasi dan faktor iklim seperti curah hujan dan suhu juga mempengaruhi biomassa tegakan. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Lugo & Snedaker, 1974 dalam Onrizal *dkk* (2004) bahwa biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh umur tegakan hutan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan. Dan Satoo & Madgwick (1982) dalam Onrizal *dkk* (2004) menambahkan bahwa biomassa hutan dipengaruhi oleh faktor

iklim (curah hujan & suhu) yang berhubungan dengan laju peningkatan biomassa hutan dan perbedaan iklim (perbedaan laju produksi bahan organik).

Secara umum hutan dengan "net growth" (terutama dari pohon-pohon yang sedang berada fase pertumbuhan) mampu menyerap lebih banyak CO₂, sedangkan hutan dewasa dengan pertumbuhan yang kecil hanya menyimpan kandungan karbon tetapi tidak dapat menyerap CO₂ berlebih. Dengan adanya hutan yang lestari maka jumlah karbon yang disimpan akan semakin banyak dan semakin lama. Oleh karena itu, kegiatan penanaman vegetasi pada lahan yang kosong atau merehabilitasi hutan yang rusak melalui kegiatan reklamasi akan membantu menyerap kelebihan CO₂ di atmosfer (Adinugroho *dkk.*, 2006).

Hutan berperan sebagai penyerap karbon menjadi issue lingkungan pada saat bumi dihadapkan pada persoalan efek rumah kaca, berupa kecenderungan peningkatan suhu udara atau biasa disebut sebagai pemanasan global. Hasil penelitian ini menjadi mitigasi awal untuk membantu memperkecil dampak perubahan iklim. Melalui pengamatan terhadap nilai biomassa karbon yang cukup tinggi di area suksesi alami dan reklamasi memberi manfaat bagi perusahaan untuk lebih meningkatkan eksistensi dalam menjaga lingkungannya, terutama dalam mengelola dan memanfaatkan kawasan pengendapan tailing sehingga menjadi kawasan potensial bagi pertumbuhan vegetasi.

Kegiatan pengelolaan lingkungan untuk memaksimalkan simpanan karbon dalam biomassa hutan serta konservasi karbon di kawasan suksesi alami dan reklamasi pada area Tanggul Ganda. Upaya revegetasi kawasan endapan tailing merupakan suatu upaya mengembalikan fungsi kawasan terganggu akibat sedimentasi tailing ModADA menjadi menyerupai ekosistem semula, meskipun revegetasi tidak akan pernah menciptakan kondisi benar-benar sama dengan awal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa : 1) Pada area suksesi alami, biomassa karbon tertinggi sebesar 98.88 ton/ha dijumpai pada area B5BL dan terendah sebesar 30.64 ton/ha pada area B12BB. Pada area reklamasi, biomassa karbon tertinggi ditemukan pada blok Casuarina sp dengan total karbon sebesar 530.77 ton/ha. Tingginya biomassa karbon disebabkan diameter tegakan yang cenderung besar ($d > 18$ cm); 2) Nilai biomassa karbon yang cukup tinggi di area suksesi alami dan reklamasi Tanggul Ganda menunjukkan potensi lahan tailing sebagai substrat pendukung tumbuhnya vegetasi yang secara progresif terus berkembang. Reklamasi merupakan suatu bentuk eksistensi perusahaan untuk mempercepat terbentuknya hutan heterogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada PT Freeport Indonesia yang telah memberi kesempatan dan fasilitas untuk melakukan penelitian di kawasan penambangan PT Freeport Indonesia, khususnya di Departemen Lingkungan. Kepada bapak-bapak apprentice telah membantu pelaksanaan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asril. 2009. *Pendugaan Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Rawa Gambut Di Stasiun Penelitian Suaq balimbing Kabupaten Aceh Selatan Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Program Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Barchia, M.F. 2009. *Evolusi Karbon Tanah*. Artikel Surat Kabar Kompas Sabtu 13 Juni 2009

- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. *Forestry Paper No. 134*. (Online version), (<http://www.fao.org>, diakses 11 Februari 2010).
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Mitchell, L.G. 2004. *Biologi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- CIFOR. 2003. *Perdagangan Karbon*. Warta Kebijakan No. 8 Februari 2003.
- Hairiah, K. dan Rahayu, A. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Hairiah, K., SM Sitompul, M. van Noordwijk, C. Palm. 2001. *Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground*. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Pearson, T.R.H., S. Brown, N.H. Ravindranath. 2005. *Integrating Carbon Benefit Estimates into GEF Projects*. UNDP Global Environment Facility.
- Rahayu, S., Lusiana, B., van Noordwijk, M. 2005. *Cadangan Karbon Di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur: Monitoring Secara Spasial dan Pemodelan*. (Online version), (www.worldagroforestrycentre.org, diakses 29 November 2009).
- Sinaga, N. I dan P. Puradyatmika. 2006. *Keragaman Flora Di Area Pengendapan Pasir Sisa Tambang Tanggul Ganda*. PT. Freeport Indonesia. Papua.
- Suprpto, S.J. 2008. *Tinjauan Reklamasi Lahan Bekas Tambang dan Aspek Konservasi Bahan Galian*. Kelompok Program Penelitian Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi.
- Sutaryo, D. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Ulumuddin, Y.I., Sulistyawati, E., Hakim, D.M., dan Harto, A.B. 2005. Korelasi Stok Karbon dengan Karakteristik Spektral Citra Landsat: Studi Kasus Gunung Papandayan. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa"*. Surabaya 14 – 15 September 2005.
- Windusari, Y., Syaiful Eddy, Suci Puspita Sari, Dede Haryanti, Naupal Mubarak, Zahrial Efendi, Nofiah. 2009. *Pengamatan Terhadap Karakteristik Kawasan Suksesi Alami Dan Reklamasi Di Tanggul Barat Lama dan Tanggul Barat Baru*. *Laporan Penelitian Untuk PTFI. Tidak dipublikasi*