**PENDUGAAN CADANGAN KARBON
AREAL REKLAMASI PERTAMBANGAN:
STUDI KASUS PT NEWMONT NUSA TENGGARA**

**CARBON STOCK ESTIMATION AT MINING RECLAMATION AREA:
CASE STUDY PT NEWMONT NUSA TENGGARA**

Bambang Supriadi¹⁾ dan Joni Safaat Adiansyah²⁾

Departemen Lingkungan PT Newmont Nusa Tenggara

Jalan Sriwijaya, Mataram

Email: ¹⁾bambang.supriadi@nnt.co.id; ²⁾joni.safaat@nnt.co.id

diterima 30 Juni 2012, diterima setelah perbaikan 3 April 2013
disetujui untuk diterbitkan 3 April 2013

Abstrak: PT Newmont Nusa Tenggara (PTNNT) adalah salah satu tambang mineral yang beroperasi di Indonesia dan berada di Kabupaten Sumbawa Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. Dalam menjalankan operasinya, PTNNT melakukan program reklamasi terhadap lahan-lahan yang sudah tidak terganggu oleh aktifitas pertambangan. Program reklamasi dimaksudkan untuk mengembalikan kondisi hutan mirip dengan kondisi awal dan menghindari erosi. Selain hal tersebut tentunya hutan reklamasi juga mempunyai fungsi sebagai penyimpan cadangan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cadangan karbon pada areal reklamasi PTNNT khususnya di wilayah tambang (pit). Metode yang digunakan adalah metode non-destructive sampling dengan pendugaan cadangan karbon menggunakan persamaan allometrik yang dikembangkan oleh Ketterings et al. Pendugaan cadangan karbon dibagi menjadi beberapa pool karbon yaitu biomassa pohon, tiang dan pancang, dan biomassa tumbuhan bawah dan serasah. Dari hasil penelitian cadangan karbon di hutan reklamasi PTNNT tahun tanam 2001-2008 ditemukan bahwa total rata-rata jumlah cadangan karbon di tiga lokasi kegiatan reklamasi (Timbunan Timur, Timbunan Sejong dan Timbunan Tongoloka) adalah 3.965,95 ton karbon atau 34,96 ton karbon/hektar. Selain itu jumlah ton karbon/hektar dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan cadangan karbon/hektar di tahun 2006 paling tinggi dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Hal tersebut didukung pula dengan hasil pemantauan berkala yang dilakukan PTNNT jika pertumbuhan tanaman pada tahun tanam 2006 lebih baik dibandingkan dengan tahun sebelumnya.

Kata kunci: cadangan karbon, non-destructive sampling, pool karbon, biomassa, reklamasi, dan PT Newmont Nusa Tenggara.

Abstract: PT Newmont Nusa Tenggara (PTNNT) is one of mineral mining operations in Indonesia and located at West Sumbawa Regency of West Nusa Tenggara Province. In running its operation, PTNNT is conducting reclamation program to the area that are not disturbed by mining activities. Reclamation program is intended to restore the forest condition similar with the initial conditions and prevent from erosion. In addition, it is obvious that the reclamation forest has also a function as carbon stock. This study aims to determine carbon stock in the PTNNT's reclamation area particularly in Pit. The method applied is non-destructive sampling methods with estimation of carbon stock using the equations developed by Katterings et al. Estimation of carbon stock is divided into some carbon pools which are biomass of tree, pole and stake, and plant biomass and litter. The research found that the average of total carbon stock in three locations of PTNNT's reclamation forest (East Dump, Sejong Dump, and Tongoloka Dump) planted in 2001-2008 is 3,965.95 tonnes carbon or 34.96 tonnes carbon/hectare. In addition, the number of tons of carbon/hectare is influenced by plant growth and it is evidenced by the highest result of carbon stock calculation in 2006 compared with the previous year. This is supported also by the result of periodic monitoring conducted by PTNNT if the growth of plants planted in 2006 is better than the previous year.

Keywords: carbon stock, non-destructive sampling, carbon pools, biomass, reclamation, and PT Newmont Nusa Tenggara.

PENDAHULUAN

PT Newmont Nusa Tenggara (PTNNT) merupakan perusahaan tambang mineral yang terletak di Kecamatan Sekongkang dan Maluk, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang mulai beroperasi penuh pada bulan Maret 2000 dengan melakukan penambangan terbuka di Proyek Batu Hijau untuk mengambil bijih yang mengandung mineral tembaga-emas. Seiring berjalannya aktivitas penambangan dan pembukaan lahan, PTNNT aktif melaksanakan program reklamasi untuk mengurangi potensi erosi permukaan timbunan dan menumbuhkan kembali vegetasi. Dampak positif potensial dari reklamasi timbunan batuan penutup adalah kembalinya hutan dan restorasi satwa liar (Anonim, 2012a).

Tujuan reklamasi yang dilakukan PTNNT (Anonim, 2012a) adalah: (1) mengubah penggunaan lahan terganggu ke penggunaan yang produktif sesuai peruntukannya; (2) menstabilkan permukaan tanah, penambangan atau penimbunan batuan secepatnya; (3) meminimalkan erosi dan sedimentasi lahan reklamasi; (4) menumbuhkan kembali vegetasi asli yang lestari sesuai dengan struktur dan keragaman yang ada sebelum penambangan; (5) jika memungkinkan, membantu kembalinya jenis tanaman langka, berharga atau memiliki arti penting bagi restorasi habitat satwa liar. Sejalan dengan tujuan tersebut, sejak tahun 1998 hingga akhir tahun 2011 telah direklamasi 694,04 hektar lahan yang dominan tersebar di lokasi Timbunan Timur, Timbunan Sejongong dan Timbunan Tongoloka.

Hutan reklamasi tambang memiliki karakteristik tersendiri, yang berbeda dengan jenis hutan lainnya, namun memiliki aktivitas yang mirip dengan hutan tanaman yaitu dibangun melalui proses pembibitan dan penanaman serta pemeliharaan, juga memiliki kesamaan tipe pohon dengan hutan sekunder yang didominasi

oleh jenis cepat tumbuh pada tahap awal. Hutan reklamasi pada lokasi timbunan yang dibangun PTNNT mulai tumbuh dan berkembang menuju hutan dengan jenis tanaman beragam dan struktur pohon yang lengkap. Setidaknya terdapat 7 – 53 tanaman/ha pada strata pohon, 5 – 429 tanaman/ha strata tiang dan 90 – 2.720 tanaman/ha strata pancang (Anonim, 2011). Dengan semakin tumbuh dan berkembangnya tanaman reklamasi maka tujuan reklamasi PTNNT menjadi tercapai, bahkan memiliki peran yang kompleks, diantaranya sebagai penghasil kayu, pengatur tata air dan penyerap karbon-dioksida.

Penyerapan dan penyimpanan karbon oleh tanaman sebanding dengan karbon organik yang terdapat pada tegakannya (Basuki, A. *et al.*, 2004) dalam Zulkifli, H. *et al.* (2011). Di jelaskan pula oleh Masripatin, N. *et al.*, (2011) bahwa bila dilihat dari produktivitas penyimpanan karbon (per satuan luas dan per satuan waktu) maka ada kemungkinan hutan tanaman akan memiliki kemampuan menyimpan karbon pada tegakannya dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan di hutan alam karena darnya lebih pendek penyerapan karbon pada hutan tanaman berumur muda per satuan waktu lebih besar daripada hutan alam.

Berdasarkan uraian di atas, guna mendapatkan informasi tentang fungsi hutan reklamasi sebagai penyerapan dan penyimpanan karbon maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Pendugaan Cadangan Karbon Areal Reklamasi: Studi Kasus PT Newmont Nusa Tenggara”. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui cadangan karbon areal reklamamasi tiap lokasi dan tahun tanam; (2) mengetahui hubungan antara umur tanaman, pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan cadangan karbon.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di areal reklamasi PTNNT yang tersebar di lokasi Timbunan Timur, Timbunan Sejongong dan Timbunan Tongoloka yang penanamannya dilakukan tahun 2001 – 2008, mulai tanggal 18 April sampai dengan 28 Mei 2012. Penelitian ini

menggunakan metode survai dengan sistem *sampling* yang dilakukan bersamaan dengan pemantauan vegetasi untuk penilaian keberhasilan reklamasi tahun 2012, sehingga sampel ditentukan secara sistematis dengan *Intesitas Sampling* 5%, mengacu pada Peraturan

Menteri Kehutanan (Permenhut) P.60 Tahun 2009 (Anonim, 2009). Jumlah keseluruhan sampel tiap strata sebanyak 57 petak, masing-masing 30 petak di Timbunan Timur, 9 petak di Timbunan Sejong dan 18 petak di Timbunan Tongoloka.

Pengumpulan data tanaman strata pohon (diameter ≥ 20 cm), strata tiang (diameter $\geq 10 - > 20$ cm), strata pancang (diameter $\geq 2 - > 10$ cm) dilakukan berturut-turut dalam petak berukuran 20 x 20 cm, 10 x 10 cm, 5 x 5 cm, sedangkan data serasah dan tumbuhan bawah diambil pada petak berukuran 2 x 2 cm. Dengan demikian maka yang dijadikan parameter dalam penelitian ini adalah jenis, jumlah dan diameter batang tanaman setinggi dada atau 1.33 m dari permukaan tanah serta berat serasah dan tumbuhan bawah. Selanjutnya untuk mendapatkan berat kering tumbuhan bawah dan serasah dilakukan pengeringan 300 gram tumbuhan bawah dan serasah basah (masing-masing 150 gram) menggunakan oven pada suhu 85°C selama 2 x 24 jam untuk mencapai berat konstan (BSN, 2011).

Data lapangan yang dikumpulkan disusun dalam bentuk tabulasi sederhana, selanjutnya dianalisis menggunakan metode pengukuran biomassa dan karbon.

Pengukuran biomassa pohon secara *non-destruktif* menggunakan metode allometrik (Katterings *et al.*, 2001) dengan rumus:

$$B = 0,11 pD^{2,62} \quad (1)$$

di mana,

B = Biomassa pohon (kg)

p = Berat jenis kayu (gr/cm^3), yang diperoleh dari berbagai sumber.

D = Diameter batang tanaman (cm)

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah menggunakan metode SNI:7724 (BSN, 2011) dengan rumus:

$$B = \frac{Bks}{Bbs} \times Bbt \dots \quad (2)$$

di mana, Bs = Biomassa tumbuhan bawah dan serasah (kg)

Bks = Berat kering tumbuhan bawah dan serasah contoh (kg)

Bbs = Berat basah tumbuhan bawah dan serasah contoh (kg)

Bbt = Berat basah serasah contoh (kg)

Dari rumus (1) dan (2) ditentukan biomassa atas permukaan dengan rumus:

$$Bap = B + Bs \quad (3)$$

di mana, Bap = Biomassa atas permukaan (kg)

Pengukuran biomassa bawah permukaan menggunakan metode SNI:7724 (BSN, 2011) dengan rumus:

$$Bpb = NAP \times Bap \dots \quad (4)$$

di mana, Bpb = Biomassa bawah permukaan (kg)

NAP = Nisbah Akar Pucuk, yaitu sebesar 0,27 untuk hutan pengunungan tropis (IPCC, 2006).

Pengukuran cadangan karbon atas permukaan menggunakan metode SNI:7724 (BSN, 2011) dengan rumus:

$$Cap = 0,47 \times Bap \quad (5)$$

di mana, Cap = Cadangan karbon atas permukaan

Pengukuran cadangan karbon bawah permukaan menggunakan metode SNI:7724 (BSN, 2011)

dengan rumus:

$$Cbp = 0,47 \times Bpb \quad (6)$$

di mana, Cbp = Cadangan karbon bawah permukaan

Dari rumus (5) dan (6) ditentukan total cadangan karbon dengan rumus:

$$Ct = Cap + Cbp \quad (7)$$

di mana, Ct = Cadangan karbon total

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hutan Reklamasi Tambang Batu Hijau

Hutan reklamasi tambang adalah hutan yang dibangun untuk tujuan perbaikan dan penataan kegunaan lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan agar berfungsi dan berdaya guna sesuai peruntukannya (Anonim, 2008). Dalam melakukan kegiatan reklamasi di Batu Hijau beberapa tahapan yang harus dilakukan. Adapun

tahapannya terdiri atas: (1) penataan lahan meliputi pembukaan lahan dan penyelamatan tanah, kontruksi lereng serta penaburan tanah pucuk; (2) pengendalian erosi dan sedimentasi meliputi pembuatan bangunan konservasi tanah berupa saluran penbuangan dan pengalihan air, pemasangan *energy break* dari stek kayu jawa (*Lannea coromandelica*), lembaran ijuk dan *jute net* serta penaburan tanaman penutup; (3)

revegetasi, berupa penanaman pohon yang sebagian besar jenis lokal seperti lempayan (*Anthocephalus chinensis*), besiraq (*Albizia chinensis*), rimas (*Duabanga moluccana*), bungur (*Lagerstroemia speciosa*), majaq (*Syzygium longiflorum*), binong (*Tetrameles nudiflora*), telutuk (*Pterocymbium tinctorium*) dan la-lain. Lebih dari 60 jenis tanaman lokal telah ditanam di areal reklamasi yang sebagian besar terdapat di daerah Timbunan Timur, Timbunan Sejong dan Timbunan Tongoloka.

Aktivitas yang tidak kalah penting dilakukan dalam menunjang keberhasilan reklamasi adalah aktivitas pemantauan dan

pemeliharaan areal reklamasi. Aktivitas pemantauan ditujukan untuk menilai keberhasilan reklamasi, dilaksanakan setiap tahun dengan berpedoman pada Permenhut P.60 Tahun 2009 (Anonim, 2009). Pemantauan untuk penilaian keberhasilan reklamasi tahun 2012 dilaksanakan bersamaan dengan penelitian pendugaan cadangan karbon areal reklamasi. Hasil penilaian reklamasi setiap tahunnya adalah baik dengan nilai > 80% berdasarkan Permenhut P.60 Tahun 2009 (Anonim, 2012b). Artinya reklamasi yang dilaksanakan oleh PTNNT telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Pemerintah.

Tabel 1. Jenis tanaman yang ditemukan di areal reklamasi Tahun 2012.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Famili
1	Anggur hutan	<i>Muntingia calabura</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>
2	Araq boteq	<i>Ficus hispida</i>	<i>Moraceae</i>
3	Balik angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
4	Baru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Malvaceae</i>
5	Bentenu	<i>Melochia umbelata</i>	<i>Sterculiaceae</i>
6	Besiraq	<i>Albizia chinensis</i>	<i>Fabaceae</i>
7	Binong	<i>Tetrameles nudiflora</i>	<i>Datiscaceae</i>
8	Boroq	<i>Erythrina variegata</i>	<i>Fabaceae</i>
9	Bungur	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	<i>Lythraceae</i>
10	Dungun	<i>Heritiera litoralis</i>	<i>Sterculiaceae</i>
11	Engal	<i>Cryptocarya tomentosa</i>	<i>Lauraceae</i>
12	Gamal	<i>Glyricidia sepium</i>	<i>Fabaceae</i>
13	Gelumpang	<i>Sterculia foetida</i>	<i>Sterculiaceae</i>
14	Gorogdek	<i>Rauvolfia serpentina</i>	<i>Apocynaceae</i>
15	Johar	<i>Senna sismea</i>	<i>Fabaceae</i>
16	Kayu batu	<i>Alstonia spatulata</i>	<i>Apocynaceae</i>
17	Kayu jawa	<i>Lannea coromandelica</i>	<i>anacardiaceae</i>
18	Kayu moeng	<i>Trema orientalis</i>	<i>Ulmaceae</i>
19	Ketujur	<i>Sesbania grandiflora</i>	<i>Fabaceae</i>
20	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Fabaceae</i>
21	Lempayan	<i>Anthocephalus chinensis</i>	<i>Rubiaceae</i>
22	Lensuni	<i>Cassia sp</i>	<i>Fabaceae</i>
23	Majaq	<i>Syzygium longiflorum</i>	<i>Myrtaceae</i>
24	Markat	<i>Albizia lebbeckoides</i>	<i>Fabaceae</i>
25	Melantiq	<i>Homalanthus giganteus</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
26	Monar	<i>Garcinia celebica</i>	<i>Guttiferae</i>
27	Rapat bewe	<i>Drypetes longifolia</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
28	Sengon	<i>Paraserianthes falcata</i>	<i>Fabaceae</i>
29	Suren	<i>Toona sureni</i>	<i>Meliaceae</i>
30	Telutuk	<i>Pterocymbium tinctorium</i>	<i>Sterculiaceae</i>
31	Tempoak	<i>Eugenia subglauca</i>	<i>Myrtaceae</i>
32	Tutumpada	<i>Macaranga tanarius</i>	<i>Euphorbiaceae</i>

Jenis, Diameter dan Kerapatan Tanaman

Jenis tanaman di areal reklamasi sangat beragam, meliputi jenis cepat tumbuh dan jenis *klimaks*, di mana sebanyak 32 jenis dari 16 famili telah berperan dalam penyerapan karbon untuk disimpan di *pool karbon*. Adapun jenis tanaman yang ditemukan di areal reklamasi, antara lain: *Albizia chinensis*, *Anthocephallus chinensis*, *Duabanga moluccana*, *Lagerstroemia speciosa*, *Macaranga tanarius*, *Senna siamea*, *Pterocymbium tinctorium* dan *Tetrameles*

nudiflora. Lebih jelasnya tentang jenis tanaman tersebut disajikan pada tabel 1. Dari keseluruhan jenis pada tabel tersebut di atas diperoleh diameter batang berkisar 2,0 – 60,2 cm dengan kerapatan tanaman 1.889 – 2.449 pohon/ha pada semua lokasi, sedangkan kerapatan tanaman berdasarkan tahun tanam berkisar 1.425 – 2.494 pohon/ha. Lebih jelasnya tentang diameter dan kerapatan tanaman tiap lokasi dan tahun tanam disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kerapatan tanaman areal reklamasi per lokasi dan tahun tanam Tahun 2012.

	Uraian	Diameter (cm)	Pancang (pohon/ha)	Tiang (pohon/ha)	Pohon (pohon/ha)	Total (pohon/ha)
Lokasi	Timbunan Timur	2,0 – 60,2	1.693	297	28	2.018
	Timbunan Sejong	3,0 – 45,5	1.378	378	133	1.889
	Timbunan Tongoloka	2,0 – 36,7	1.800	533	115	2.449
	Rata-Rata	2,0 – 60,2	1.677	384	72	2.134
Tahun Tanam	2001	3,9 – 24,7	1.000	350	75	1.425
	2002	2,0 – 60,2	1.767	325	38	2.129
	2003	2,6 – 36,4	1.273	418	114	1.805
	2004	2,2 – 56,8	2.000	286	21	2.307
	2005	2,2 – 35,5	2.000	389	106	2.494
	2006	2,0 – 36,7	1.550	588	131	2.269
	2007	5,4 – 20,2	1.600	700	38	2.338
	2008	2,1 – 21,6	1.800	183	8	1.992
	Rata-Rata	2,0 – 60,2	1.677	384	72	2.134

Pada tabel tersebut terlihat bahwa kerapatan tanaman tertinggi terdapat di lokasi Timbunan Tongoloka, diikuti Timbunan Timur dan Timbunan Sejong. Sementara jika dilihat berdasarkan umur tanaman atau tahun tanam, kerapatan tanaman tertinggi terdapat pada tahun tanam 2005 (umur 7 tahun) dan terendah rendah pada tahun tanam 2003 (umur 9 tahun). Tinggi rendahnya kerapatan tanaman lebih menggambarkan pada kemampuan tanaman untuk bertahan hidup (adaptasi) dan berkembang biak (regenerasi).

Dari kajian struktur vegetasi terlihat bahwa semua lokasi dan umur tanaman reklamasi telah membentuk hutan berstrata lengkap (horizontal), yang ditunjukkan dengan terdapatnya tanaman dalam strata pohon. Namun tiap lokasi dan tahun tanam memiliki kecepatan yang berbeda-beda untuk mencapai strata pohon. Kecepatan tanaman untuk beralih tingkatan dapat

dilihat dari kerapatan tanaman pada strata tertinggi.

Pada tingkat umur tanaman diketahui bahwa kerapatan tanaman strata pohon tertinggi terdapat pada tanaman berumur 6 tahun (tahun tanam 2006) yaitu sebesar 131 pohon/ha, diikuti tanaman berumur 9 tahun (tahun tanam 2003) sebesar 114 pohon/ha dan terendah pada tanaman berumur 4 tahun (tahun tanam 2008) sebesar 8 pohon/ha. Dari data tersebut dapat dinyatakan bahwa tinggi rendahnya kerapatan tanaman tidak tergantung dari umurnya (tahun tanam), namun lebih pada kemampuannya untuk bertumbuh menjadi tanaman yang lebih besar yang ditunjukkan dengan pertambahan tinggi dan diameter batang. Hasil pemantauan vegetasi untuk penilaian keberhasilan reklamasi tahun 2012 juga menempatkan lokasi Timbunan Sejong dan tanaman yang berumur 6 tahun memiliki kerapatan tanaman strata pohon paling tinggi, yaitu masing-masing 93 pohon/ha dan 108

pohon/ha (Anonim, 2012b). Lebih lanjut Heriansyah (2005) menyebutkan bahwa jenis tanaman, umur dan kerapatan tanaman akan mempengaruhi potensi hutan tanaman dalam penyerapan CO₂ dari atmosfer.

Berat Serasah dan Tumbuhan Bawah

Serasah adalah kumpulan bahan organik di lantai hutan yang belum terdekomposisi secara sempurna yang ditandai dengan masih utuhnya bentuk jaringan, sedangkan tumbuhan bawah adalah vegetasi yang tumbuh di lantai hutan, dapat berupa herba, semak atau liana (BSN, 2011). Serasah yang merupakan salah satu *pool karbon* dalam penelitian ini umumnya berupa daun dan ranting pohon, bagian tanaman penutup (*cover crop*) yang berguguran di lantai hutan, sedangkan tumbuhan bawah yang ditemukan umumnya berupa tanaman penutup dan semak. Rata-rata berat basah serasah dan tumbuhan bawah daerah reklamasi adalah 9,81 ton/ha dengan kisaran 8,98 ton/ha – 10,25 ton/ha untuk ketiga lokasi dan 7,11 ton/ha – 13,66 ton/ha pada tahun tanam 2001 – 2008. Selanjutnya dari data serasah dan tumbuhan bawah diketahui bahwa tumbuhan bawah lebih ringan daripada serasah. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman areal reklamasi telah melalui fase peralihan dari tumbuhan bawah yang dominan tanaman

penutup atau tanaman tingkat semai menuju tingkat tanaman di atasnya. Tanaman berumur tua cenderung menghasilkan serasah lebih banyak, sementara tumbuhan bawah mulai tertekan karena kurang mendapatkan sinar matahari untuk berfotosintesis. Namun berbeda dengan hasil penelitian Windusari, Y. *et al.* (2011) di kawasan suksesi alami PT Freeport Indonesia di mana biomassa tumbuhan bawah lebih tinggi daripada serasah.

Biomassa

Biomassa adalah total berat kering tanur vegetasi (BSN, 2011), yang terdiri atas biomassa atas permukaan dan biomassa bawah permukaan. Biomassa yang dimaksud dalam penelitian ini adalah total keseluruhan biomassa atas permukaan yang meliputi seluruh organ tanaman bagian atas termasuk serasah di bawahnya dan biomassa bagian bawah permukaan yang terdapat di bagian akar tanaman. Data biomassa areal reklamasi pada masing-masing lokasi dan umur tanaman (tahun tanam) dicantumkan pada tabel 3. Biomassa atas permukaan dihasilkan dari metode allometrik Katterings *et al.* (2001), selanjutnya biomassa bawah permukaan atau bagian akar tanaman menggunakan metode SNI:7792 (BSN, 2011).

Tabel 3. Kandungan Biomassa Areal Reklamasi Per Lokasi dan Tahun Tanam Tahun 2012.

	Uraian	Tbh. Bawah + Serasah (ton/ha)	Pancang (ton/ha)	Tiang (ton/ha)	Pohon (ton/ha)	Total (ton/ha)
Lokasi	Timbunan Timur	2,03	20,95	22,16	12,41	57,55
	Timbunan Sejongong	1,57	16,59	29,36	49,35	96,86
	Timbunan Tongoloka	1,45	23,43	41,54	27,30	93,73
	Rata-Rata	1,77	21,05	29,41	22,95	75,18
Tahun Tanam	2001	1,93	25,24	20,34	22,69	70,20
	2002	1,42	21,50	25,50	18,45	66,88
	2003	2,56	16,71	33,20	40,30	92,77
	2004	1,41	32,31	23,61	14,24	71,56
	2005	1,29	19,26	36,40	26,17	83,13
	2006	1,78	26,97	42,94	30,12	101,81
	2007	1,24	16,88	38,31	7,45	63,88
	2008	2,31	13,07	8,62	1,12	25,11
	Rata-Rata	1,77	21,05	29,41	22,95	75,18

Pada tabel tersebut diketahui bahwa biomassa areal reklamasi tertinggi terdapat di

lokasi Timbunan Sejongong yaitu sebesar 96,86 ton/ha dan pada areal reklamasi yang berumur 6

tahun yaitu sebesar 101,81 ton/ha. Secara keseluruhan rata-rata biomassa areal reklamasi sebesar 75,18 ton/ha. Biomassa tersebut dominan dihasilkan dari 32 jenis tanaman reklamasi seperti dipaparkan pada tabel 1. Biomassa tidak hanya tergantung pada jumlah pohon melainkan tergantung juga pada seberapa besar ukuran diameter pohon yang selanjutnya akan mempengaruhi jumlah cadangan karbon yang terkandung di dalamnya. Oleh karena itu dipastikan bahwa cadangan karbon di lokasi Timbunan Sejorong serta tanaman berumur 6 tahun lebih tinggi daripada lokasi dan umur tanaman di bawah ataupun di atas 6 tahun.

Cadangan Karbon

Cadangan karbon adalah jumlah karbon dalam suatu *pool* (Masripatin, N. *et al.*, 2010). Cadangan karbon yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah karbon yang tersimpan pada areal reklamasi yang terdapat pada tanaman tingkat pohon, tiang, pancang, semai atau tumbuhan bawah termasuk serasah di dalamnya serta di bagian akar tanaman. Cadangan karbon permukaan areal reklamasi per lokasi ditunjukkan oleh gambar 1 dan cadangan karbon per tahun tanam dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 1. Cadangan Karbon Atas Permukaan Areal Reklamasi Per Lokasi Tahun 20112.

Gambar 2. Cadangan Karbon Atas Permukaan Areal Reklamasi Per Tahun Tanam Tahun 20112.

Pada gambar 1 terlihat bahwa cadangan karbon atas permukaan areal reklamasi tertinggi terdapat di lokasi Timbunan Sejorong (35,67 ton C/ha) diikuti Timbunan Tongoloka (34,53 ton C/ha) dan terendah di Timbunan Timur (21,08 ton C/ha). Tingginya cadangan karbon di Timbunan Sejorong disebabkan oleh tingginya kerapatan tanaman strata pohon atau tanaman dengan diameter ≥ 20 cm yang terdapat di lokasi tersebut, yaitu sebesar 133 pohon/ha. Pernyataan ini memberi implikasi bahwa lokasi dengan kerapatan tanaman strata pohon di bawah 133 pohon/ha menghasilkan cadangan karbon yang lebih rendah. Terbukti, di Timbunan Tongoloka yang kerapatan tanaman strata pohon 115 pohon/ha diperoleh cadangan karbon 34,53 ton C/ha. Demikian juga dengan kerapatan tanaman strata pohon sebesar 28 pohon/ha di Timbunan Timur telah menghasilkan cadangan karbon sebesar 21,08 ton C/ha. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa cadangan karbon tiap lokasi lokasi sangat dipengaruhi oleh kerapatan

tanaman terutama strata pohon. Hal ini didukung oleh Hairiah K. *et.al.* (2007) bahwa semakin besar diameter pohon maka semakin besar cadangan karbon.

Cadangan karbon cenderung semakin besar dengan meningkatnya umur tanaman (Masripatin, N. *et al.*, 2010). Pernyataan tersebut tidak sejalan dengan temuan pada penelitian ini, di mana umur tanaman tidak selalu berbanding lurus dengan cadangan karbon. Namun cadangan karbon dominan dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman. Semakin baik pertumbuhan tanaman maka semakin besar cadangan karbonnya. Hal ini diperkuat oleh Ruasdiana, O. *et.al.* (2012) bahwa kerapatan dan perkembangan vegetasi dapat mempengaruhi simpanan karbon pada vegetasi tersebut. Hubungan antara tahun tanam dan cadangan karbon terlihat pada gambar 2.

Pada gambar tersebut diketahui bahwa cadangan karbon tertinggi terdapat pada tanaman yang berumur 6 tahun yaitu sebesar 37,48 ton C/ha, diikuti tanaman berumur 9 tahun sebesar

34,05 ton C/ha, sementara tanaman yang umurnya paling tua (tahun tanam 2001) memiliki cadangan karbon lebih rendah yaitu sebesar 22,03 ton C/ha. Tingginya cadangan karbon tanaman berumur 6 tahun disebabkan oleh baiknya pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan dengan tingginya kerapatan tanaman strata pohon dan strata tiang masing-masing sebesar 131 pohon/ha dan 588 tanaman/ha. Pertumbuhan tanaman reklamasi yang lebih baik pada tahun tanam 2006 dominan disebabkan oleh semakin baik dan berkembangnya teknik revegetasi yang diterapkan. Senada dengan pernyataan tersebut, Masripatin, N. *et al.*, (2010) memaparkan bahwa kemampuan hutan tanaman dalam menyimpan karbon dipengaruhi oleh jenis tanaman, kondisi tempat tumbuh dan teknik silvikultur atau intensitas pemeliharaannya. Teknik revegetasi atau teknik silvikultur yang diterapkan PTNNT menganut prinsip perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Perbaikan teknik revegetasi tersebut meliputi pemilihan jenis, seleksi bibit, perbaikan sistem penanaman.

Cadangan karbon di atas permukaan areal reklamasi sebesar 27,63 ton C/ha tidaklah terlalu rendah mengingat umur tanaman masih tergolong muda yaitu antara 4 – 11 tahun. Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa cadangan karbon pada berbagai kelas penutupan lahan di hutan alam berkisar antara 7,50 – 264,70 ton C/ha (Masripatin, N. *et al.*, 2010). Sementara Lutfi, M. *et al.* (2011) dalam penelitiannya di PT

Gunung Bayan Pratama Coal menyimpulkan bahwa potensi karbon tersimpan pada area reklamasi perusahaan tersebut sebesar 22,351 ton C/ha. Cadangan karbon areal reklamasi PTNNT menjadi lebih tinggi, jika cadangan karbon yang tersimpan di bagian akar tanaman disertakan. Pengukuran cadangan karbon bagian akar tanaman diperoleh hasil sebesar 7,34 ton C/ha, sehingga total cadangan karbon areal reklamasi pada tahun 2012 adalah 3.964,95 ton atau sebesar 34,96 ton C/ha, masing-masing 1.549,74 ton (26,62 ton C/ha) di Timbunan Tiumur, 736,21 ton (45,19 ton C/ha) di Timbunan Sejong dan 1.679,44 ton (43,75 ton C/ha) di Timbunan Tongoloka. Sementara total cadangan karbon tertinggi berdasarkan tahun tanam adalah sebesar 862,69 ton (47,48 ton C/ha) dihasilkan pada daerah reklamasi tahun tanam 2006 (umur 6 tahun).

Total cadangan karbon daerah reklamasi akan sangat berperan dalam mengurangi konsentrasi pelepasan karbon di atmosfer. Oleh karena itu semakin tinggi cadangan karbon daerah reklamasi akan semakin besar konsentrasi pelepasan karbon di atmosfer dapat dikurangi. Hardjana, A.K. *et. al.* (2011) menyebutkan bahwa pelepasan karbon ke atmosfer akibat deforestasi dapat dikurangi melalui pengembangan hutan tanaman depterokarpa sehingga secara langsung dapat berfungsi sebagai media pengisap emisi dalam rangka mengurangi dampak pemanasan global.

KESIMPULAN

Total cadangan karbon areal reklamasi PTNNT yang terdapat di lokasi Timbunan Timur, Timbunan Sejong dan Timbunan Tongoloka sebesar 3.964,95 ton atau 34,96 C/ha yang dihasilkan dari 32 jenis tanaman strata pohon, tiang dan pancang dengan kisaran diameter 2,0 – 60,2 cm serta tumbuhan bawah dan serasah. Cadangan karbon paling tinggi terdapat di lokasi Timbunan Sejong yaitu sebesar 45,19 ton C/ha dan pada tanaman berumur 6 tahun yaitu sebesar 47,48 ton C/ha. Sementara umur tanaman tidak selalu berkorelasi positif dengan cadangan karbon, di mana cadangan karbon cenderung bertambah seiring

pertumbuhan vegetasi, yang ditunjukkan dengan kecepatan perubahan vegetasi mencapai strata lengkap atau strata pohon, sehingga dalam penelitian ini ditemukan korelasi positif antara pertumbuhan tanaman dan cadangan karbon, bukan umur tanaman dan cadangan karbon. Dengan semakin bertambah luasan dan berkembangnya hutan reklamasi diharapkan akan semakin berperan dalam mengurangi konsentrasi pelepasan karbon di atmosfer sehingga secara langsung dapat berfungsi sebagai media pengisap emisi dalam rangka mengurangi pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. "Laporan Triwulan Pelaksanaan RKL/RPL." Triwulan Pertama, Januari – Maret 2012. PT Newmont Nusa Tenggara. Lombok, NTB, Indonesia, 2012.
- Anonim. "Penilaian Keberhasilan Reklamasi Tahun 2012." Memorandum Report. Environmental Department, PT Newmont Nusa Tenggara, 19 Juli 2012.
- Anonim. "Penilaian Keberhasilan Reklamasi Tahun 2011." Memorandum Report. Environmental Department, PT Newmont Nusa Tenggara, 29 September 2011.
- Anonim. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.60/II/2009 Tentang "Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan." 2009.
- Anonim. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 18 Tahun 2008 Tentang Reklamasi dan Penutupan Tambang. 2008.
- Badan Standardisasi Nasional. "Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (ground based forest carbon accounting)." Badan Standardisasi Nasional – BSN, Jakarta, (2011)
- Hairiah, K. dan S. Rahayu. "Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan." World Agroforestry Center – ICRAF, SEA Regional Office University of Brawijaya, Indonesia. 2007.
- Hardjana, A.K., Muhammad Fajri. "Kemampuan Tanaman Meranti (Shorea leprosura) Dalam Penyerapan Emisi Karbon (CO₂) di Kawasan Hutan IUPHHK-HA PT ITCIKU Kalimantan Timur." Jurnal Penelitian Dipterokarpa. Vol. 5 No. 1 Juni 2011
- Heriansyah, I., "Potensi Hutan Tanaman Industri Dalam Mensequeter Karbon : Studi Kasus di Hutan Tanaman Akasia dan Pinus." Inovasi Vol. 3/XVII/Mater 2005.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories. Prepare by the National Greenhouse Gas Inventories Program. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.) Japan: IGES, 2006.
- Katterings, Q. M., R. Coe, M. Van Noordwijk, Y. Ambagau and C. Palm. "Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equation for Predicting above-ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forest." Forest Ecology and Management 146 (2001): 199-209.
- Lutfi, M., Harry T. Antono. "Estimasi Biomassa Hutan Sekunder dan daerah Reklamasi Menggunakan Teknologi Indraja dan Sistem Informasi Geografi." Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara 7, 2 (2011): 54-62.
- Masripatin, N., Kristiadi Ginoga, Gustan Pari, Wayan Susi Darmawan, Khairil Anwar Siregar, Ari Wibowo, Dyah Puspasari, Arief Setiyo Utomo, Niken Sakuntaladewi, Mega Lulina, Indartik, Wening Wulandari, Saptadi Darmawan, Ika Heryansah, N.M. Heriyanto, H. Haris Seringoringo, Ratih Damayanti, Dian Anggraeni, Haruni Krisnawati, Retno Maryani, Dana Apriyanto, Bayu Subekti "Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia." Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Kampus Balitbang Kehutanan, (2010)
- Rusdiana, O., Rinal Syahputra Lubis. "Pendugaan Korelasi Antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Karbon (*Carbon Stock*) Pada Hutan Sekunder." Jurnal Silvikultur Tropika 3, 1 (2012): 14-21.
- Windusari, Y., Nur A.P. Sari, Indra Yustian, Hilda Zulkifli. "Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan bawah dan Serasah Kawasan Suksesi Alami Pada Area Pengendapan Tailing PT Freeport Indonesia." Biospecies 5, 1 (2012): 22-28.
- Zulkifli, H., Yuanita Windusari, IndraYustian, dan Desly Herlinawati. Kandungan Cadangan Karbon Industri Pertambangan di Papua: Mitigasi Dampak Perubahan Iklim. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan, Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri (BKS-PTN) Wilayah Barat. Volume III, Palembang: Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, 2011.