

POTENSI SIMPANAN KARBON PADA TIGA TIPE SAVANA DI NUSA TENGGARA TIMUR

(Carbon Sink Potency in Three Types of Savanna in Nusa Tenggara Timur)

Hery Kurniawan* dan Dhany Yuniati

Balai Penelitian Kehutanan Kupang
Jln. Untung Suropati No. 7 (Belakang) P.O BOX 69 Kupang NTT Indonesia
Kode Pos 85115 Tlp. (0380) 823357, Fax. (0380) 831068

*Email: herykurniawan2012@gmail.com

Diterima 24 Pebruari 2014; revisi terakhir 3 Pebruari 2015; disetujui 20 April 2015

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) terkenal keberadaan savananya, dimana 22% dari luas daratannya merupakan savana. Ada 8 (delapan) tipe savana yang didasarkan pada spesies pohon dominan pada savana tersebut. Dalam rangka kepentingan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) untuk menyediakan data faktor emisi/serapan GRK maka dilakukan penghitungan potensi simpanan karbon pada areal savana. Pada tulisan ini disampaikan potensi simpanan karbon pada tiga tipe savana yakni savana huek (*Eucalyptus alba*), savana lontar (*Borassus flabellifer*) dan savana gewang (*Corypha utan*). Pendugaan potensi dilakukan pada 4 (empat) pool karbon yakni atas permukaan tanah, bawah permukaan tanah, nekromas berkayu, nekromas tidak berkayu dan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata potensi simpanan karbon pada savana huek (*E. alba*) sebesar 537,18 ton/ha, rata-rata potensi simpanan karbon pada savana gewang (*C. utan*) sebesar 58,21 ton/ha dan rata-rata potensi simpanan karbon pada savana lontar (*B. flabellifer*) sebesar 52,68 ton/ha.

Kata kunci: Simpanan karbon, savana, *Eucalyptus alba*, *Corypha utan*, *Borassus flabellifer*

ABSTRACT

Province of Nusa Tenggara Timur (NTT) is well known for its savanna existency, where 22% of the land are savanna. There are eight savanna types based on dominant tree species which exist on the savanna. This study was conducted to provide emission/sequestration factor data and to know the ability of emitting or sequestrating Green House Gasses by measuring carbon sink in savanna areas. This paper presents carbon sink potency of three savanna types, i.e. huek (*Eucalyptus alba*) savanna, lontar (*Borassus flabellifer*) savanna, and gewang (*Corypha utan*) savanna. The estimation was conducted to four carbon pool, i.e. above ground, wood necromass, non wood necromass and soil. The study shows that the mean of carbon sink potency in huek savanna is 537.18 ton/ha, the mean of carbon sink potency in gewang savanna is 58.21 ton/ha, and in lontar savanna is 52.68 ton/ha.

Keywords: Carbon sink, savanna, *Eucalyptus alba*, *Corypha utan*, *Borassus flabellifer*

I. PENDAHULUAN

Savana tropis mencakup 15% dari permukaan daratan bumi dan merupakan suatu lanskap yang kompleks dimana rerumputan, perdu, semak dan pepohonan secara bersama-sama berada pada kondisi dinamika yang seimbang (Schmidt *et al.*, 2010). Wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki hamparan savana yang luas dan mendominasi daratan pulau-pulau di provinsi ini. Luas savana di Nusa Tenggara Timur mencapai 1.023.846,036 ha (BPKH Wil. XIV, 2012) bila dibandingkan dengan wilayah daratan Nusa Tenggara Timur yang luasnya 4.650.063,192 ha (BPKH Wil. XIV, 2012) maka proporsi savana meliputi $\pm 22\%$ dari luas daratan NTT. Sementara Riwu Kaho (2005), menyatakan

bahwa luas savana di NTT adalah $\pm 2,3$ juta hektare. Hal ini didasarkan pada kondisi alam NTT dengan rerata curah hujan tahunan NTT yang berkisar antara 1000 – 1500 mm, panjang bulan kering selama 5-6 bulan dan pola hujan eratik menyebabkan tipe iklim NTT sesuai dengan penggolongan tipe iklim E menurut Schmidt dan Ferguson. Menurut Monk *et al.* (1997), di beberapa daerah kering musiman di Nusa Tenggara dan Maluku, vegetasi yang dominan adalah savana atau padang rumput. Masih menurut Monk *et al.* (1997) di Maluku dan Nusa Tenggara paling sedikit ada 8 (delapan) tipe savana yang didasarkan pada spesies pohon yang dominan yang ada pada savana tersebut, yakni :

- a. Savana *Albizia chinensis*, merupakan tipe savana di Nusa Tenggara Barat yang umumnya tahan terhadap api.
- b. Savana *Palms*, yang didominasi oleh lontar (*Borrasus flabellifer*) dan gewang (*Corypha utan* Lamarck), merupakan tipe savana yang dominan di Pulau Komodo, Rote, Sawu dan sebagian besar di Timor.
- c. Savana *Eucalyptus alba* terdapat di Flores Tengah ke timur sampai di Wetar. Juga merupakan tipe savana yang dominan di Timor, terjadi bersama dengan asosiasi semak dan pohon.
- d. Savana *Melaleuca cajuputi*, lebih sering terlihat mulai dari Flores Tengah memanjang ke timur sampai Maluku.
- e. Savana *Acacia leucophloea* merupakan karakteristik pohon di savana NTT.
- f. Savana *Casuarina junghuhniana*, merupakan karakter savana yang khas di Sumba dan Timor.
- g. Savana *Ziziphus mauritiana*, terlihat di seluruh wilayah NTT yang tumbuh secara sporadis.
- h. Savana Tamarind, ditemukan di sepanjang NTT.

Karbon dioksida telah meningkat sebesar 36%, metana sebesar 17%, dan nitrous oksida sebesar 151% di atmosfer bumi. Perubahan-perubahan dalam atmosfer global secara langsung terkait dengan dua abad lebih pertumbuhan dalam pembakaran bahan bakar fosil oleh manusia. Peningkatan gas-gas tersebut berakibat pada pemanasan dunia (Preston *et al.*, 2006). Di Indonesia besarnya tutupan lahan dari sektor kehutanan yang merupakan isu utama dalam pemanasan global yaitu dalam hal deforestasi dan perubahan tutupan lahan menjadi perkebunan, lahan pertanian atau pemukiman (Adi *et al.*, 2011). Usaha-usaha untuk memperkirakan biomassa hutan tropis telah menghasilkan kisaran nilai yang luas bergantung atas sumber-sumber aslinya dari informasi yang digunakan dan status suksesi mereka. Nilai yang berdasarkan atas data ekologi dari plot-plot kecil biasanya menghasilkan perkiraan biomassa yang lebih tinggi daripada yang mendasarkan atas inventarisasi dalam skala luas (Lugo and Brown, 1992). Kemampuan yang akurat untuk menduga cadangan karbon hutan merupakan hal yang sangat penting dalam mekanisme pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan (REDD+) agar tercapai tingkat emisi acuan nasional (*National Reference Emission Levels/NREL*) dan untuk

menduga perubahan cadangan karbon (Rutishauser *et al.*, 2013).

Meskipun terdapat komitmen yang kuat dari pemerintah Indonesia, namun kapasitasnya untuk melaporkan cadangan karbon dari inventarisasi hutan masih lemah (Romijn *et al.*, 2012). Untuk kepentingan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Kehutanan diperlukan data faktor emisi/serapan guna mengetahui kemampuan mengemisi atau menyerap GRK dari suatu unit/kategori lahan yang dikonversi (misalnya dalam ton CO₂/biomassa per ha per tahun) (Wibowo, 2009), dimana pada penelitian ini adalah savana. Menurut Hairiyah (2007), pengukuran jumlah karbon (C) yang disimpan dalam tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman, sedangkan pengukuran C yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromasa) secara tidak langsung menggambarkan karbon dioksida (CO₂) yang tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran.

Pada tulisan ini disampaikan potensi simpanan karbon pada tiga tipe savana yakni savana Huek (*Eucalyptus alba*), savana Lontar (*Borrasus flabellifer*) dan savana Gewang (*Corypha utan*).

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian potensi simpanan karbon pada savana Huek (*Eucalyptus alba*) dilaksanakan di Kabupaten Timor Tengah Utara pada tahun 2011 sedangkan penelitian potensi simpanan karbon pada savana Lontar (*Borrasus flabellifer*) dan savana gewang (*Corypha utan*) dilaksanakan di Kabupaten Kupang pada tahun 2012.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan antara lain: GPS, *phiband* atau pita diameter, hagameter, pita meter, timbangan gantung dan duduk, cangkul, linggis, parang, gergaji tangan, patok kayu, tali nilon, tali rapia, karung plastik, terpal, dan label plastik.

C. Pendugaan Potensi Simpanan Karbon Pada Savana

Sejalan dengan perkembangan *issue* yang terkait dengan biomassa hutan, maka

penelitian atau pengukuran biomassa hutan mengharuskan pengukuran biomassa dari seluruh komponen hutan (Sutaryo, 2009). Stratifikasi penutupan lahan hutan telah direkomendasikan dalam pelaporan *pools* karbon hutan (IPCC, 2006). Adapun *pool* karbon yang diukur adalah atas permukaan tanah, nekromas berkayu, nekromas tidak berkayu (serasah) dan tanah. Biomassa atas tanah merupakan salah satu dari lima *pool* karbon (diidentifikasi oleh IPC) yang sangat penting dan mendukung pelaporan untuk REDD+. Penyediaan pendugaan yang kuat terhadap biomassa atas tanah adalah sangat penting bukan hanya untuk pelaporan REDD+ di masa yang akan datang namun juga untuk menyediakan hubungan antara upaya-upaya penginderaan *ground* dan *remote* guna memonitor perubahan pada biomassa hutan dan penutupan lahan pada skala lokal, regional, dan global (Cohen *et al.*, 2013).

1. Mengukur Biomassa di Atas Permukaan Tanah

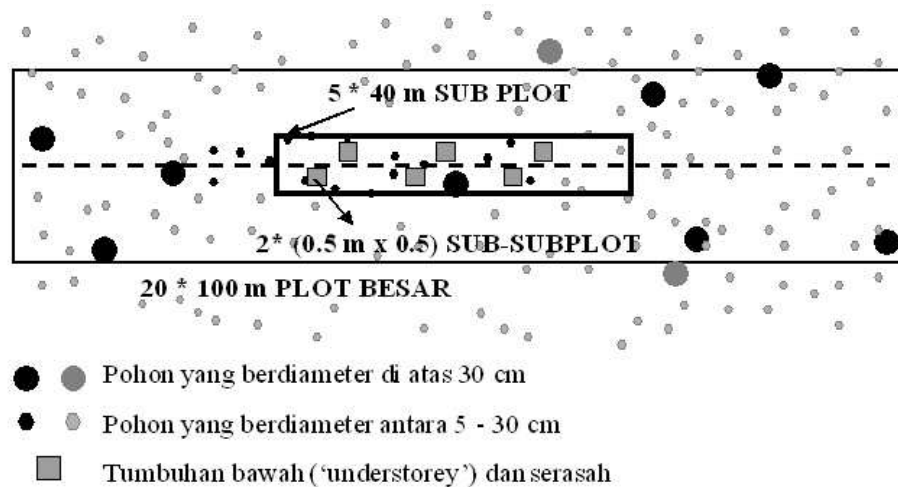
Biomassa atas permukaan tanah tersusun atas pohon dengan berbagai ukuran dan

tumbuhan bawah. Adapun tahapan kegiatan penelitian sebagai berikut :

- Membuat plot contoh pengukuran (transek pengukuran)
- Mengukur biomassa pohon dan nekromassa
- Mengukur biomassa tumbuhan bawah

Untuk mengurangi pengrusakan selama proses pengukuran, biomassa pohon diestimasi dengan menggunakan *allometrik* yang sudah dibuat, sehingga pada plot pengukuran hanya dicatat variabel-variabel yang merupakan variabel pembuka dalam persamaan *allometrik* yang disusun. Selain itu juga diambil sampel kayu dengan ukuran 3cm x 3cm x 3cm ditimbang berat basahanya dan dioven pada suhu 100°C selama 48 jam untuk menghitung berat jenisnya.

Pada tumbuhan bawah dilakukan *destruktif sampling* pada sub-sub plot ukuran 0,5 m x 0,5 m. Ditimbang berat basah totalnya kemudian diambil sampel sebanyak 100-300 gram untuk kemudian dioven di laboratorium pada suhu 80°C selama 48 jam untuk diketahui berat keringnya. Bentuk plot pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot contoh untuk pengukuran biomassa, nekromassa
Figure 1. Example plot for measuring biomass, necromass

2. Pengukuran Biomassa Kayu Mati (Nekromassa Berkayu)

Biomassa kayu mati juga dikenal dengan istilah nekromassa berkayu. Pengukuran dilakukan seperti halnya pada pengukuran pohon terhadap semua pohon mati baik yang berdiri maupun roboh, tunggul tanaman mati, cabang dan ranting. Diambil contoh kayu ukuran 3cm x 3cm x 3cm ditimbang berat

basahanya dan pada suhu 100°C dioven selama 48 jam untuk dihitung berat jenisnya.

3. Pengukuran Biomassa Serasah (Nekromassa Tidak Berkayu)

Serasah adalah bagian tanaman yang gugur berupa daun dan ranting yang berada di atas permukaan tanah. Pengumpulan data biomassa serasah dibedakan antara pengambilan contoh serasah kasar dan serasah

halus. Serasah kasar mencakup ranting-ranting dan dedaunan yang masih utuh, sedangkan serasah halus berupa bahan organik yang telah terdekomposisi sebagian dan berukuran lebih dari 2 mm.

Pengambilan contoh serasah halus dan kasar dilakukan di sub-sub plot setelah dilakukan pengambilan tumbuhan bawah. Contoh serasah kasar dan segar setelah diambil kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari dan diambil sampel sebanyak 100-300 gram untuk kemudian dioven di laboratorium pada suhu 80°C selama 48 jam untuk diketahui berat keringnya. Sedangkan untuk pengambilan contoh serasah dan akar halus dimulai dengan pengambilan semua serasah dan akar halus yang ada dalam sub-sub plot, kemudian dimasukkan ke dalam ayakan dengan lubang pori 2 mm. Semua serasah dan akar halus yang tertinggal diayakan ditimbang berat basah. Diambil 100 gr sampel serasah dan akar halus untuk dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam untuk diketahui berat keringnya.

4. Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada tiga tingkat kedalaman, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm. Contoh tanah yang dianalisis di laboratorium merupakan contoh tanah komposit yang diambil dari enam titik ulangan di titik pengambilan contoh tanah untuk masing-masing plot. Pengukuran dan analisis yang dilakukan adalah berat isi (BI), tekstur, kelembaban, pH dan C organik tanah.

E. Analisis Data

Potensi savana dalam menyimpan karbon merupakan penjumlahan dari *carbon pool* yang diukur yakni atas permukaan tanah, nekromassa berkayu, nekromassa tidak berkayu dan tanah.

1. Penghitungan Biomassa Atas Permukaan Tanah

Penghitungan biomassa pohon menggunakan persamaan allometrik yang telah dibuat dari hasil penelitian sebelumnya. Persamaan *power function* atau bentuk linearnya secara umum digunakan sebagai dasar penentuan hubungan allometrik untuk model-model pengukuran biomassa (Chave *et al.*, 2005; Komiyama *et al.*, 2008; Parresol 1999).

Hubungan allometrik pada pohon-pohon secara umum dikaitkan dengan dua hal khusus yakni spesies dan tapak. Namun ketidaklayakan dalam penyusunan persamaan allometrik yang baru untuk setiap spesies yang ditemui pada setiap lokasi baru telah menyebabkan meningkatnya ketertarikan dalam pengembangan persamaan umum (*generic*) untuk pendugaan biomassa (Chave *et al.*, 2005; Zianis dan Mencuccini, 2004). Adapun persamaan allometrik yang digunakan untuk menghitung biomassa pohon adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Persamaan allometrik untuk pendugaan biomassa pohon *Eucalyptus alba*

Table 1. Allometric equation for estimating biomass of *Eucalyptus alba*

Biomassa Batang/ <i>stem biomass</i>	$Y = 7,725e^{0,119x}$
Biomassa Daun/ <i>leaves biomass</i>	$Y = 0,010x^{1,764}$
Biomassa Cabang/ <i>branch biomass</i>	$Y = 0,005x^{2,683}$
Biomassa Ranting/ <i>twig biomass</i>	$Y = 0,015x^{2,351}$

Sumber (source): Kurniawan, 2012

Tabel 2. Persamaan allometrik untuk pendugaan biomassa pohon *Corypha utan*

Table 2. Allometric equation for estimating biomass of *Corypha utan*

Biomassa Batang/ <i>stem biomass</i>	$Y = 19703x^{1,735}$
Biomassa Daun/ <i>leaves biomass</i>	$Y = 8449x^{0,680}$
Biomassa Pelepah/ <i>frond biomass</i>	$Y = 16855x^{0,491}$

Sumber (source): Yuniati, 2013

Tabel 3. Persamaan allometrik untuk pendugaan biomassa pohon *Borassus flabellifer*

Table 3. Allometric equation for estimating biomass of *Borassus flabellifer*

Biomassa Batang/ <i>stem biomass</i>	$Y = 4236x^{2,026}$
Biomassa Daun/ <i>leaves biomass</i>	$Y = 7,353x^{1,597}$
Biomassa Pelepah/ <i>frond biomass</i>	$Y = 8643e^{0,007x}$

Sumber (source): Yuniati, 2012

Kemudian menjumlah biomassa semua pohon pada suatu lahan baik yang berukuran besar maupun kecil sehingga diperoleh total biomassa pohon (ton/ha).

Sedangkan biomassa tumbuhan bawah menggunakan rumus :

$$\text{Biomassa (gr)} = \frac{\text{Berat Kering Sub Contoh (gr)}}{\text{Berat Basah Sub Contoh (gr)}} \times \text{Total Berat Basah (gr)}$$

2. Penghitungan Biomassa Kayu Mati (Nekromassa Berkayu)

Penghitungan biomassa kayu mati menggunakan metode yang sama dengan perhitungan biomassa pohon yakni menggunakan persamaan allometrik yang telah disusun. Perbedaan tingkat pelapukan dibedakan oleh BJ kayu yang bersangkutan.

3. Penghitungan Biomassa Serasah (Nekromassa Tidak Berkayu)

Penghitungan biomassa serasah menggunakan metode yang sama dengan perhitungan biomassa pada tumbuhan bawah, yakni:

$$\text{Biomassa (gr)} = \frac{\text{Berat Kering Sub Contoh (gr)}}{\text{Berat Basah Sub Contoh (gr)}} \times \text{Total Berat Basah (gr)}$$

4. Penghitungan Karbon Pada Tanah

Penghitungan karbon tanah menggunakan rumus:

$$C_{si} = \frac{T \cdot BD \cdot C}{1 - MFp}$$

Dimana:

C_{si} = Simpanan karbon pada horizon i

T = Ketebalan horizon

BD = Berat jenis (bulk density)

C = Kandungan karbon (Carbon content)

MFp = Faktor Kelembaban (Moisture factor)

Untuk mengetahui total simpanan karbon, maka simpanan karbon masing-masing horizon dijumlahkan.

5. Potensi Simpanan Karbon

Potensi simpanan karbon = ((Biomassa atas permukaan + Biomassa bawah permukaan + Biomassa nekromassa berkayu + Biomassa serasah) x 0,5) + karbon tanah

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Simpanan Karbon Pada Savana Huek (*Eucalyptus alba*)

Inventarisasi potensi simpanan karbon pada savana huek (*Eucalyptus alba*) dilakukan di beberapa lokasi di Kabupaten Timor Tengah Utara. Pohon huek di Pulau Timor memiliki bentuk batang yang mengerucut (*conoid*), dengan tingkat perubahan diameter yang drastis pada setiap ketinggian pohon atau panjang log (Yuniati dan Kurniawan, 2011).



Gambar 2. Savana *E. alba* di Pulau Timor
Figure 2. *E. alba* savanna in Timor island

Pada Tabel 4 disajikan hasil perhitungan potensi karbon per hektare hasil inventarisasi di beberapa lokasi.

Tabel 4. Potensi karbon per hektare pada savana huek (*E. alba*)

Table 4. Carbon potency per hectare in huek savanna (*E. alba*)

Lokasi/ Location	Biomassa/Biomass						Total Biomassa ton/Ha	Total C (ton/Ha)
	Pohon / Tree	Nekromass/ necromass	n/ha	Serasah/ non wood necromass	Tumbuhan Bawah/ herbs	Tanah/ Soil		
Teba	898,42	7,98	71	2,01	1,62	5,80	915,85	457,92
Lapeom	1.115,54	0,99	83	3,23	2,31	9,00	1.131,07	565,53
Noebaun	690,63	0,71	76	3,65	1,45	12,94	709,38	354,69
Naiola	1.490,19	1,10	121	1,41	2,84	45,60	1.541,14	770,57
Rerata	1.048,70	2,70	87	2,58	2,06	18,34	1.074,36	537,18

Terlihat bahwa potensi simpanan karbon di Naiola adalah yang tertinggi, hal ini dapat dipahami karena lokasi tersebut merupakan lokasi yang paling rendah tingkat gangguannya dan memiliki tingkat kepadatan pohon Huek ukuran besar yang cukup tinggi. Lokasinya yang berada di perbukitan dan jauh dari penduduk menyebabkan wilayah ini relatif sedikit mengalami gangguan. Adanya sumber penghasilan lain seperti pertanian lahan basah dan sektor perikanan diduga kuat ikut berpengaruh pada rendahnya tingkat gangguan.

Jika diasumsikan luasan savana huek adalah sepuluh persen dari luas total savana di NTT, maka perhitungan kasar potensi serapan karbon hutan savana huek di seluruh NTT adalah = $10\% \times 1.023.846,036 \text{ ha} \times 537,18 \text{ ton/ha} = 54.998.961,36 \text{ ton karbon}$. Estimasi simpanan karbon savana huek yang tinggi ini selain disebabkan oleh jumlah n/ha yang lebih tinggi dari savana lontar dan gewang, juga oleh adanya asosiasi dengan tumbuhan lain seperti pilang, cemara dan akasia.

Sebagaimana diketahui, savana secara umum memiliki simpanan karbon di atas tanah (*aboveground carbon*) dengan variasi yang sangat besar, yakni dari $1,8 \text{ t C ha}^{-1}$ apabila tanpa penutupan pohon, sampai dengan lebih dari 30 t C ha^{-1} dengan adanya pohon sebagai pengisinya (Grace *et al.*, 2006). Tegakan *Eucalyptus* secara nyata meningkatkan simpanan C dibandingkan dengan lahan ternak yang ditumbuhi semak dan pohon savana lainnya (*Cerrado*) di Brazil (Maquere, 2008). Dengan demikian nilai 537,18 ton/ha, masih dalam batas kewajaran, apabila dihubungkan dengan data-data di atas.

B. Potensi Simpanan Karbon Pada Hutan Savana Gewang (*Corypha utan*)

Wilayah NTT merupakan daerah yang kering dengan curah hujan yang rendah, tetumbuhan yang menghiasi panorama NTT baik secara fisiologis, morfologis, anatomis maupun biokhemis telah beradaptasi sedemikian rupa untuk mengatasi kondisi (kekeringan) di atas. Salah satu spesies tumbuhan yang telah dengan baik beradaptasi terhadap kondisi kering savana NTT adalah gewang (*Corypha utan*). Sekalipun berstatus liar di mata masyarakat dan tumbuh menjadi hutan kawasan, namun potensinya yang cukup besar tanpa disadari telah dimanfaatkan oleh masyarakat NTT khususnya dan Indonesia pada umumnya (Naiola *et al.*, 2009). Gewang masih banyak dimanfaatkan secara intensif oleh masyarakat lokal di NTT baik untuk bahan perumahan, makanan, minuman, peralatan dapur, tali-temali, pagar, kayu bakar dan sebagainya.

Inventarisasi potensi karbon pada hutan savana gewang dilaksanakan di Desa Nekbaun. Desa Naekbaun berada pada ketinggian sekitar 250 meter di atas permukaan laut terletak pada koordinat $S10^{\circ}16'40.75''$ $E123^{\circ}39'42.61''$. Di Desa Naekbaun terdapat kawasan hutan yang merupakan areal savana gewang dan dikelola Dinas Kehutanan Kabupaten Kupang. Berdasarkan informasi terakhir kawasan tersebut telah di *enclave*. Hutan gewang terletak di tepi pantai di belakang formasi Pandanus. Luas hutan gewang di wilayah ini berkisar 100-150 ha yang didominasi oleh pohon gewang muda.



Gambar 3. a. Hutan gewang (*Corypha utan*) di Desa Nekbaun, Pulau Timor.
b. Hutan gewang yang tumbuh di tepi sungai dataran rendah.

Figure 3. a. Gewang (*Corypha utan*) forest in Nekbaun Village, Timor Island.
b. Gewang forest grows near river on low land.

Hutan gewang di Desa Nekbaun merupakan areal untuk penggembalaan ternak. Pohon gewang yang sudah ada putaknya (bagian batang yang lunak mengandung tepung) akan ditebang untuk diambil putaknya dan dipergunakan sebagai makanan ternak. Disamping itu pohon gewang yang sudah tua digunakan sebagai bahan bangunan untuk rumah. Penebangan terhadap pohon gewang terus menerus dilakukan tetapi sama sekali tidak diimbangi dengan usaha budidaya atau menanam. Pemuda masih sangat mengandalkan dari hasil alam. Sementara anakan muda banyak yang terganggu oleh ternak yang dilepasliarkan di kawasan tersebut. Hasil inventarisasi potensi karbon disajikan pada Tabel 5.

Inventarisasi potensi simpanan karbon pada savana gewang dilakukan pada saat

musim kemarau dimana tidak ditemukan tumbuhan bawah dan hanya sedikit ditemukan serasah. Ada dua kemungkinan terhadap tumbuhan bawah yakni mati dan menjadi serasah atau telah dimakan ternak tetapi dari Tabel 5 terlihat bahwa kandungan karbon pada serasah juga lebih sedikit dibanding komponen lain sehingga kemungkinan tumbuhan bawah yang ada bukan mati tetapi banyak dimakan ternak. Hal tersebut dimungkinkan mengingat banyak ternak yang dilepasliarkan di kawasan tersebut. Sedangkan tumbuhan bawah dan serasah yang tidak bisa dimakan oleh ternak akan terurai ke dalam tanah dan akan tertambahkan ke tanah, sehingga bisa dilihat kandungan karbon di tanah relatif lebih tinggi dibanding dengan serasah dan tumbuhan bawah.

Tabel 5. Potensi Biomassa dan Karbon pada Hutan Savana Gewang (*Corypha utan*) di Desa Nekbaun
Table 5. Biomass and Carbon Potency of Gewang (*Corypha utan*) Forest in Nekbaun Village

Lokasi/ Location	Pohon/ Tree 30 cm up	Pohon/ Tree 5-30 cm	Nekromas berkayu/ woody necromass	Serasah/ non woody necromass	Tumbuhan bawah/ herbs	Tanah/ Soil	Jumlah biomas/ Total biomass (ton/ha)	Total C (ton/ha)
PU I	0,0004	59,08	2,78	3,96	0,00	17,45	83,26	41,63
PU II	0,0000	9,81	1,99	2,82	0,00	7,90	22,52	11,26
PU III	16,9603	35,96	0,00	3,39	0,00	0,28	56,59	28,29
PU IV	30,6328	53,32	8,57	3,63	0,00	7,39	103,55	51,77
PU V	0,0017	5,78	2,78	9,23	0,00	22,82	40,61	20,30
PU VI	0,1536	85,63	21,97	2,64	0,00	35,31	145,70	72,85
PU VII	77,2969	22,88	12,49	3,08	0,00	18,46	134,21	67,10
PU VIII	89,6311	134,15	14,56	3,30	0,00	5,64	247,28	123,64
PU IX	92,0476	95,54	16,01	5,94	0,00	4,52	214,06	107,03
Rerata	34,0805	55,79	9,02	4,22	0,00	13,31	116,42	58,21

Terlihat bahwa potensi simpanan karbon terbesar pada pohon dengan diameter (dbh) 5-30 cm diikuti pohon dengan dbh 30 cm up. Ini berarti komponen pohon muda yang mendominasi savana tersebut. Seperti telah dikemukakan bahwa hasil inventarisasi memperkuat dugaan bahwa gewang muda mendominasi savana yang ada. Berdasarkan data yang dilaporkan bahwa luas padang penggembalaan alam di Pulau Timor adalah 24.382,04 ha dan diperkirakan sekitar 5-10% dari luasan tersebut ditumbuhi pohon gebang (Naiola, 2006). Sehingga kemampuan maksimal serapan karbon hutan gewang untuk Pulau Timor secara keseluruhan adalah = 10%

$\times 24.382,04 \text{ ha} \times 58,21 \text{ ha} = 141.927,9 \text{ ton}$ karbon.

C. Potensi Simpanan Karbon Pada Hutan Savana Lontar (*Borassus flabellifer*)

Estimasi populasi lontar di NTT secara keseluruhan mencapai 4.406.912 batang (Dinas Perkebunan Provinsi NTT, 1994). Inventarisasi potensi karbon pada hutan savana lontar dilaksanakan di Desa Kuanheun. Tegakan lontar di Desa Kuanheun berada pada areal tanah adat. Luas tegakan lontar di Desa Kuanheun mencapai 987ha. Letaknya menyebar secara sporadis di seluruh areal Desa Kuanheun.



Gambar 4. a. Savana lontar (*Borassus flabellifer*) di Desa Nekbaun, Pulau Timor.
b. Tegakan lontar dengan kepadatan cukup tinggi

Figure 4. a. Lontar (*Borassus flabellifer*) savanna in Nekbaun Village, Timor Island.
b. Lontar stands with quite high density.

Menurut informasi, kondisi tegakan pada areal hutan-hutan adat tersebut kuantitasnya sudah sangat menurun dari waktu ke waktu. Dahulu tegakan lontar merupakan mesin penghasil uang bagi masyarakat Kuanheun. Dari tegakan lontar dapat dihasilkan laru, sopi, gula lempeng, gula cair yang semuanya dapat dijual. Daunnya digunakan untuk atap baik atap rumah maupun atap bagi kandang ternaknya. Pelepahnya digunakan sebagai tembok rumah, kandang ternak atau pagar. Seiring dengan berjalannya waktu pekerjaan mengambil nira dari lontar banyak ditinggalkan karena banyak alternatif pekerjaan lainnya yang dipandang lebih menjanjikan dan lebih mudah dilakukan. Masyarakat sekarang memandang mengambil nira lontar merupakan pekerjaan yang sulit, beresiko tinggi dan membutuhkan waktu yang lama untuk sampai menghasilkan uang. Bahkan orang yang dapat memanjat pohon lontar sekarang ini sangat sedikit jumlahnya dan rata-rata umurnya sudah tua sehingga

dikhawatirkan semakin lama semakin hilang. Dampak dari hal tersebut adalah terbenkainya pohon lontar sehingga semakin rendah nilai ekonomi dari pohon tersebut.

Pemanfaatan produk lontar tidak seimbang dengan pembudidayaannya, sehingga dikuatirkan terancam punah jumlah dan populasinya (Tambunan, 2010). Terbukti saat ini banyak pohon lontar hanya ditunggu sampai tua untuk diambil kayunya. Penebangan pohon lontar juga tidak diimbangi dengan upaya budidaya. Seperti halnya pohon gewang, permudaan pohon lontar juga hanya mengandalkan dari alam. Pada tanah yang merupakan areal sawah tadah hujan bahkan tidak ditemukan permudaan pohon lontar karena setiap musim tanam dilakukan pengolahan tanah dimana keberadaan anakan lontar akan ikut mati akibat pencangkulan tanah. Hasil inventarisasi potensi karbon disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Potensi biomassa dan karbon pada hutan savana lontar (*Borassus flabellifer*) di Desa Kuanheun

Table 6. Biomass and carbon potency of Lontar (*Borassus flabellifer*) savanna in Kuanheun village

Lokasi/ Location	Pohon/ Tree 30 cm up (ton/ha)	Pohon/ Tree 5-30 cm (ton/ha)	Nekromas berkayu/ woody necromass (ton/ha)	Serasah/ non woody necromass (ton/ha)	Tumbuhan bawah/ herbs (ton/ha)	Tanah/ Soil (ton/ha)	Jumlah biomas/ Total biomass (ton/ha)	Total C (ton/ha)
PU I	35,05	44,9427	1,19	1,78	0,173	12,81	95,95	39,56
PU II	50,70	0,0004	0,00	2,94	0,000	11,80	65,44	27,83
PU III	32,81	0,0000	0,00	3,47	0,093	6,01	42,38	17,90
PU IV	138,18	0,0002	0,00	7,95	0,100	23,20	169,44	71,13
PU V	207,23	33,0620	0,00	7,22	0,373	17,58	265,46	108,71

Tabel 6. Lanjutan
Table 6. Continued

Lokasi/ Location	Pohon/ Tree 30 cm up (ton/ha)	Pohon/ Tree 5-30 cm (ton/ha)	Nekromas berkayu/ woody necromass (ton/ha)	Serasah/ non woody necromass (ton/ha)	Tumbuhan bawah/ herbs (ton/ha)	Tanah/ Soil (ton/ha)	Jumlah biomas/ Total biomass (ton/ha)	Total C (ton/ha)
PU VI	100,71	14,8475	2,72	5,39	0,000	11,86	135,53	55,85
PU VII	22,67	43,8079	0,00	1,81	0,000	7,98	76,27	35,92
PU VIII	37,93	4,2161	0,00	3,57	0,000	5,87	51,58	35,19
PU IX	36,17	0,0000	0,00	2,31	0,073	7,63	46,19	19,39
Rerata	73,50	15,6530	0,43	4,05	0,090	11,64	105,36	45,72

Seperti halnya inventarisasi potensi simpanan karbon pada savana gewang, inventarisasi potensi simpanan karbon pada savana lontar juga dilakukan pada musim kemarau sehingga hanya sedikit ditemukan tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah pada areal savana lontar biasanya telah dimakan ternak. Berbeda dengan areal gewang yang hanya untuk menggembalakan ternak, areal di bawah tegakan lontar disamping untuk menggembalakan ternak juga untuk areal pertanian.

Terlihat dari Tabel 6 bahwa simpanan karbon terbanyak pada komponen pohon diameter (dbh) 30 cm up, hal ini mengindikasikan bahwa dominasi pohon ukuran dbh 30 cm up masih terjadi di savana lontar. Hal ini memang sesuai dengan kondisi di lapangan dimana pohon 30 cm up banyak dipertahankan untuk kemudian ditebang setelah kayunya cukup tua.

Estimasi populasi lontar di NTT secara keseluruhan mencapai 4.406.912 batang (anonim, 1994). Dengan rincian 1.882.530 merupakan pohon muda (<10 th), dan 2.524.382 adalah pohon tua (>10 th). Apabila diasumsikan bahwa pohon tua memiliki diameter lebih dari 30 cm, dengan potensi menurut hasil penelitian 73,5 pohon/ha, maka secara keseluruhan dapat diestimasikan kemampuan menyerap karbon savana lontar di NTT adalah = $(2.524.382 : 73,5) \times 45,72$ ton/ha = 1.570.268,64 ton.

Pohon dapat menyimpan karbon selama beberapa dekade dengan syarat tidak terjadi penebangan dalam skala yang luas sehingga tidak terjadi penurunan stok tegakan. Oleh karena itu perlu diperhatikan dalam pengelolaan savana baik lontar maupun gewang karena saat ini terus menerus dilakukan penebangan tanpa dilakukan permudaan. Perkiraan data dasar untuk savana menunjukkan adanya potensi yang besar

untuk memanfaatkan ekosistemnya sebagai penyimpan karbon. Perhatian seharusnya diberikan terhadap seberapa besar karbon dapat tersimpan apabila savana-savana dilindungi dari kebakaran dan penggembalaan ternak, sehingga akumulasi karbon dapat berlangsung (Grace *et al.*, 2006).

Adanya aliran (*flux*) karbon dalam jumlah yang besar pada ekosistem savana, menjadi pertimbangan penting bagi sebuah saran, bahwa perlu adanya pengelolaan yang serius pada bioma ini, melalui pengendalian kebakaran serta pengurangan intensitas penggembalaan ternak, sehingga dapat mengarah pada peningkatan serapan karbon dalam jumlah yang besar pula (Grace *et al.*, 2006; Beringer *et al.*, 2007).

D. Perbandingan Potensi Karbon

Apabila potensi karbon per hektare dari ketiga jenis di atas dibandingkan dengan potensi karbon jenis cemara (*Casuarina junghuhniana*) yang merupakan satu tipe savana lainnya di NTT maka ketiganya adalah lebih besar dengan potensi karbon savana cemara tersebut yang hanya berkisar 40,489 ton/ha hingga 40,976 ton/ha (Yuniati *et al.*, 2013). Kondisi demikian dikarenakan lantai tegakan pada savana cemara yang sering mengalami kebakaran pada musim kemarau, sehingga terjadi pelepasan kembali potensi karbon ke atmosfer. Sebagai pembandingan lainnya berdasarkan hasil penelitian Mills *et al.* (2005), yang dilakukan di empat lokasi berbeda pada wilayah semi arid di Afrika Selatan, diketahui total simpanan C adalah 245 t ha⁻¹. Jumlah ini adalah tergolong tinggi apabila dibandingkan dengan hutan yang memiliki kelembaban lebih tinggi dari semi arid. Jumlah ini juga lebih tinggi dari potensi karbon per hektare untuk tipe savana gewang dan lontar, namun lebih rendah dibandingkan dengan tipe savana huek.

Hal ini menjadi menarik apabila dihubungkan dengan data yang ada, dimana dinamika biomassa savana tropis memiliki peran penting dalam siklus karbon global, dengan menyumbang sekitar 30% dari Net Primary Production (NPP) terrestrial global. Namun karena tingkat kebakaran yang sangat tinggi di savana, maka sekitar 20% biomassa tadi terbakar (Dwyer *et al.*, 2000), karbon dalam jumlah yang banyak yang telah tersimpan menjadi dilepaskan kembali secara cepat ke atmosfer, sehingga savana tersebut hanya menyimpan karbon dalam jumlah yang relatif sedikit dibandingkan bioma lainnya seperti hutan tropis (Grace *et al.*, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian Thenkabail *et al.* (2004), menggunakan data IKONOS, rata-rata karbon per unit area tanaman *oil palm* (*Elaeis guineensis*) umur 1–5 tahun pada *eco-regions* savana di Afrika Barat adalah 14,8 ton ha⁻¹. Laju rata-rata tingkat akumulasinya adalah 2,95–2,99 t C ha⁻¹ year⁻¹. Dengan laju demikian, maka sekitar umur tanaman 19–20 tahun akan setara dengan simpanan karbon per unit area savana gewang di NTT, atau sekitar umur tanaman 15–16 tahun akan setara dengan simpanan karbon per unit area savana lontar NTT. Pada kondisi yang lebih ekstrim yakni di gurun Mojave nilai serapan karbonnya adalah bervariasi dari 102 - 127 g C m⁻² yr⁻¹ (Jasoni *et al.*, 2005; Wohlfahrt *et al.*, 2008) sepanjang periode tiga tahun. Ini berarti setara dengan 1,02 - 1,27 t C ha⁻¹ per tahun. Sementara, karbon dioksida yang berasosiasi dengan dissolusi karbonat terhitung untuk serapannya adalah 2,1 - 7.4 g C m⁻² per tahun di wilayah semi arid, ekosistem steppa dingin Rusia (Lapensis *et al.*, 2008). Namun demikian, ketiadaan pertukaran dalam simpanan karbon di ekosistem gurun merupakan dugaan kuat bahwa kehilangan dalam jumlah yang setara dengan simpanannya telah terjadi (Chapin *et al.*, 2006). Semua nilai ini mengkonfirmasi bahwa nilai simpanan karbon yang dihasilkan dari penelitian ini adalah pada batas yang sewajarnya dan layak untuk digunakan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata potensi simpanan karbon pada savana Huek (*Eucalyptus alba*) di Kabupaten TTU sebesar 537,18 ton/ha. Pada savana Gewang (*Corypha utan*) di Kabupaten Kupang, rata-rata potensi simpanan karbonnya adalah sebesar 58,21

ton/ha. Sedangkan untuk savana Lontar (*Borassus flabellifer*) di Kabupaten Kupang, rata-rata potensi simpanan karbon adalah sebesar 45,72 ton/ha.

B. Saran

Savana Huek (*E. alba*) sangat perlu dipertahankan keberadaannya mengingat potensi simpanan karbonnya yang tinggi disamping manfaat lain sebagai sumber kayu bakar dan konstruksi rumah adat, serta keseimbangan ekosistem savana. Pemanfaatan Gewang (*C. utan*) di areal savana perlu memerhatikan prinsip kelestarian mengingat sebagian besar pemanfaatannya dilakukan pada gewang muda. Pemanfaatan ekonomi Lontar (*B. flabellifer*) dengan hanya mengambil buah dan nira tanpa menebang bisa menjadi sebuah solusi bagi kelestarian tegakan lontar. Di sisi lain, permudaan pada tegakan Lontar perlu juga mendapat perhatian khusus mengingat potensinya yang sangat rendah saat ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Misto, M.P. (Kepala Balai Penelitian Kehutanan Kupang), Bapak Aziz Rakhman, S.Hut. (Kepala Seksi Diseminasi dan Sarana Prasarana Penelitian) yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan, Kepala Desa dan Masyarakat Desa Teba, Banamla'at dan Nekbaun yang telah banyak membantu kami di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S., E. Aldrian, D. Nuraini, D. Saroja, I.G. Tejakusuma. (2011). Analisis Pembangunan Rendah Karbon Studi Kasus Propinsi Lampung. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 13 (2), 95-102.
- Beringer J., L.B. Hutley, N.J. Tapper and L.A. Cernusak. (2007). Savanna fires and their impact on net ecosystem productivity in North Australia. *Global Change Biology*, 13, 990–1004.
- BPKH Wilayah XIV. (2012). *Statistik Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XIV Kupang Tahun 2011*. Kupang.
- Chapin, F.S., G.M. Woodwell, J.T. Randerson *et al.* (2006). Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods. *Ecosystems*, 9, 1041–1050
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N.

- Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra, T. Yamakura. (2005). *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia*. 145, 87-99.
- Cohen, R., J. Kaino, J.A. Okello, J.O. Bosire, J.G. Kairo, M. Huxham, M. Mencuccini. (2013). *Propagating Uncertainty to Estimates of Above-Ground Biomass for Kenyan Mangroves: A scaling procedure from tree to landscape level. Forest Ecology and Management*, 310, 968-982.
- Dinas Perkebunan Provinsi NTT. (1994). *Laporan Dinas Perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Timur*. Kupang.
- Dwyer E, Pinnock S, Gregoire JM, Pereira JMC. (2000). Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 1289-1302.
- Grace, J., J.S. Jose, P. Meir, H.S. Miranda and R.A. Montes. (2006). Productivity and Carbon Fluxes in Tropical Savannas. *Journal of Biogeography*, 33, 387-400.
- Hairiyah, K. dan R. Suseno. (2007). Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor: World Agroforestry Centre. ICRAF Southeast Asia Regional Officer.
- IPCC, (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES,
- Jasoni RL, S.D. Smith, and J.A. Arnone. (2005). Net ecosystem CO₂ exchange in Mojave Desert shrublands during the eighth year of exposure to elevated CO₂. *Global Change Biology*, 11, 749-756.
- Komiyama, A., J.E. Ong, and S. Pongparn. (2008). Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forest. *Aquatic Botani*, 89, 128-137.
- Kurniawan, H. dan D. Yuniati. (2012). Persamaan Allometrik Biomassa Pohon Huek (*Eucalyptus alba*) di Pulau Timor Untuk Meningkatkan Akurasi Pendugaan Simpanan Karbon. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 9(2), 77- 86.
- Lapenis, A.G., G.B. Lawrence, S.W. Bailey, B.F. Aparin, A.L. Shiklomanov, N.A. Speranskaya, M.S. Torn, M. Calef. (2008). Climatically driven loss of calcium in steppe soil as a sink for atmospheric carbon. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(2), 1-12. doi: 10.1029/2007GB003077.
- Lugo, A.E. and S. Brown. (1992). *Tropical Forest as Atmosphere Carbon Sink. Forest Ecology and Management*, 54, 239-255.
- Maquere, V., J. P. Laclau, M. Bernoux, L. Saint-andre, J.L.M. Goncalves, C. Cerrie, M.C. Piccolo, and J. Ranger. (2008). Influence of Land Use (savanna, pasture, *Eucalyptus* plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. *European Journal of Soil Science*, 59, 863-877.
- Mills, A. J., T. G. O'Connor, J. S. Donaldson, M. V. Fey, A. L. Skowno, A. M. Sigwela, R.G. Lechmere-Oertel & J. D. Bosenberg. (2005). Ecosystem carbon storage under different land uses in three semiarid shrublands and a mesic grassland in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 22(3), 183-190, DOI: 10.1080/02571862.2005.10634705
- Monk, K.A., Y., de Fretes, Gayatri, R., Lilley. (1997). The Ecology of Nusa Tenggara dan Maluku. *The Ecology of Indonesia Series*. 5. 187 - 299.
- Naiola, B.P., N. Nurhidayat, (2009). Biologi Biji Gwang (*Corypha Utan* Lamarck): Keragaman Kandungan Embrio, Kimia dan Peranan Mikroba dalam Proses Perkecambahan Biji. *Berita Biologi*, 9 (6), 773-781.
- Naiola, B.P. (2006). Fluktuasi Potensial Air Harian Gwang (*Corypha Utan* Lamarck), Jenis Tumbuhan Hijau Abadi di Savana NTT. *Berita Biologi*, 8 (1), 75-82.
- Parresol, B.R., (1999). Assessing Tree and Stand Biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45, 573-593.
- Preston, BL., R. Suppiah., I. Macadam., J. Bathols. (2006). *Climate Change in the Asia/Pacific Region (A Consultancy Report Prepared for the Climate Change and Development Roundtable)*. Australia: CSIRO Marine and Atmospheric Research.
- Riwu Kaho, L. M. (2005). *Api dalam Ekosistem Savana: Kemungkinan Pengelolaannya Melalui Pengaturan Waktu Membakar (Studi Pada Savana Eucalyptus Timor Barat)*. (Disertasi) Jogjakarta: PPS UGM Jogjakarta Bidang Ilmu Kehutanan.
- Romijn, E., Herold, M., Kooistra, L., Murdiyarso, D., Verchot, L. (2012). Assessing capacities of non-Annex I countries for national forest monitoring in the context of REDD+. *Environmental Science and Policy*, 19, 33-48.
- Rutishauser, E., F. Noor'an, Y. Laumonier, J. Halperin, Ruffie, K. Hergoualc'h, and L. Verchot. (2013). Generic allometric models including height best estimate forest biomass and carbon stocks in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 307, 219-225.
- Schmidt, S., R.E. Lamble, R.J. Fensham, and I. Siddique. (2010). Effect of woody vegetation clearing on nutrient and carbon. *Plant Soil*, 331, 79-90. DOI 10.1007/s11104-009-0233-5.
- Sutaryo, D. (2009). *Penghitungan Biomassa, Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan*

- Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Tambunan, P. (2010). Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar untuk Menambah Pendapatan Penduduk. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 7 (1), 27 – 45.
- Thenkabail, P.S., N. Stucky, B.W. Griscom, M.S. Ashton, J. Diels, B. van der Meer, and E. Enclona. (2004). *International Journal of Remote Sensing*, 25(23), 5447-5472. DOI: 10.1080/01431160412331291279.
- Wibowo, A. (2009). *RPI Pengembangan Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kehutanan*. Bogor: Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan.
- Wohlfahrt, G., L.F. Fenstermaker, J.A. Arnone. (2008). Large annual net ecosystem CO₂ uptake of a Mojave Desert ecosystem. *Global Change Biology*, 14, 1475–1487.
- Yuniati, D dan H. Kurniawan. (2011). Penentuan Bilangan Bentuk Pohon Huek (*Eucalyptus alba*) di Pulau Timor. *Prosiding Gelar Teknologi Hasil Penelitian: IPTEK untuk Kesejahteraan Masyarakat Sumba Barat*. Waikabubak, 30 Nov-1 Des 2011. Balai Penelitian Kehutanan Kupang.
- Yuniati, D. dan H. Kurniawan. (2012). *Penyusunan Persamaan Allometrik Borassus flabelifer dan Corypha utan Untuk Pendugaan Simpanan Karbon Hutan Savana di Provinsi Nusa Tenggara Timur*. (Laporan Hasil Penelitian, Tidak Dipublikasikan). Kupang: Balai Penelitian Kehutanan Kupang.
- Yuniati, D. dan H. Kurniawan. (2013). Persamaan Allometrik Biomassa dan Karbon Untuk Pendugaan Simpanan Karbon Pada Savana *Corypha utan*. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 10(2), 75-84.
- Yuniati, D., H. Kurniawan, dan F. Banani. (2013). *Estimasi Simpanan Karbon Jenis Casuarina junghuhniana pada Hutan Savana di Pulau Timor untuk Mendukung Upaya Mitigasi Perubahan Iklim Melalui Mekanisme REDD*. (Laporan Hasil Penelitian, Tidak Dipublikasikan). Kupang: Balai Penelitian Kehutanan Kupang.
- Zianis, D., and M. Mencuccini. (2004). On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology Management*, 187, 311-332.