

CADANGAN KARBON HUTAN BEKAS TEBANGAN PEMBALAKAN BERDAMPAK RENDAH DAN KONVENSIONAL DI KALIMANTAN TIMUR: STUDI KASUS DI HUTAN MALINAU

(Carbon Stock of Logged-over Forest Under Reduced Impact Logging and Conventional Logging in East Kalimantan: A Case Study in Malinau Forest)

Oleh/By :

Yonky Indrajaya

Balai Penelitian Teknologi Agroforestry
Jl. Raya Ciamis-Banjar km 4, Ciamis 46201
email: yonky_indrajaya@yahoo.com

ABSTRACT

Deforestation and forest degradation contribute of about 17% of global carbon emission (IPCC, 2007). Indonesia has committed to reduce its carbon emission at 26% by 2020 voluntarily and 41% if funded by international support. One of eligible activities for reducing carbon emission is the implementation of Reduced Impact Logging (RIL) in the tropics that can reduce collateral damage on residual stands due to the improved harvesting techniques. Some studies found that RIL practices may retain carbon in residual stand. RIL practices have been implemented in the tropics in the last two decades. This study aims to elaborate the carbon stock in logged-over forest under RIL and conventional logging (CL) regimes. Allometric equation developed by Yamakura (1986) was used to estimate the carbon stock in logged-over forest (LOF). The results of this study showed that the carbon stock of LOF RIL and CL are 208.5 Mg ha⁻¹ and 218.84 Mg ha⁻¹, respectively. Total residual trees are 215 and 186 ha⁻¹ in LOF RIL and LOF CL, respectively. RIL practices have reduced collateral damage on the number of residual trees, but the carbon stock is less than those of in CL regime because the residual stands in LOF CL consist more protected and larger trees.

Keyword: Reduced Impact Logging, Conventional Logging, carbon stock, climate mitigation

ABSTRAK

Laju deforestasi dan degradasi hutan telah berkontribusi sebesar 17% dari total emisi karbon global (IPCC, 2007). Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan tingkat emisinya hingga 26% secara sukarela pada tahun 2020, dan sebesar 41% dengan dukungan pembiayaan dari dunia internasional. Salah satu aktivitas yang diakui dapat mengurangi laju emisi karbon adalah penerapan praktek-praktek pembalakan berdampak rendah (RIL) di hutan tropika karena dapat menurunkan kerusakan pada tegakan tinggal dengan perbaikan teknik penebangan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa praktek RIL dapat menahan emisi karbon. Praktek RIL telah diterapkan di hutan tropis selama kurang lebih dua dasawarsa. Penelitian ini bertujuan untuk menguraikan cadangan karbon hutan bekas tebangan RIL dan penebangan konvensional (CL). Untuk mengestimasi jumlah karbon tersimpan dalam biomassa digunakan persamaan alometrik yang dibangun oleh Yamakura (1986). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa cadangan karbon tersimpan pada LOF RIL dan CL berturut-turut adalah sebesar 208.5 dan 218.84 Mg ha⁻¹. Jumlah pohon dalam LOF RIL dan CL berturut-turut adalah sebanyak 215 dan 186 pohon/ha. Praktek RIL telah mengurangi kerusakan pada jumlah pohon tegakan tinggal, namun cadangan karbon pada LOF RIL ternyata sedikit lebih rendah dibandingkan pada LOF CL, karena jumlah pohon besar dan dilindungi dalam LOF CL lebih banyak.

Kata kunci: penebangan berdampak rendah, cadangan karbon, cadangan karbon, dan mitigasi perubahan iklim

I. PENDAHULUAN

Laju deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia telah memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap tingkat emisi karbon nasional (Baumert *et al.*, 2005). Marklund dan Schoene (2006) dalam Murdiyarto *et al.* (2008) menyebutkan bahwa stok

hutan Indonesia telah berkurang sebesar 6% tiap tahun. Deforestasi telah berkontribusi sebesar sepertiga dari penurunan stok hutan ini, sedangkan laju degradasi hutan telah berkontribusi sebesar dua pertiganya. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan degradasi hutan akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan emisi nasional.

Salah satu bentuk degradasi hutan adalah adanya kegiatan pembalakan oleh para pemegang ijin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu (IUPHHK) di hutan produksi. Kebutuhan akan kayu untuk bahan konstruksi, kayu lapis, dan pertukangan membutuhkan kayu-kayu yang dibalak dari hutan alam di Indonesia. Apabila tidak dikelola secara lestari, hutan alam Indonesia akan berangsur rusak dan berdampak pada emisi karbon dan perubahan iklim global.

Sebagai langkah mitigasi perubahan iklim, para pihak (negara-negara) telah sepakat untuk memasukkan kegiatan deforestasi, degradasi hutan, konservasi hutan, peningkatan stok karbon, dan manajemen hutan berkelanjutan sebagai kegiatan yang dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Mekanisme ini dikenal dengan sebutan *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+) yang telah disepakati di *Conference of Parties* (CoP) 15 di Copenhagen pada tahun 2009. Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi tingkat emisinya hingga 26% mulai tahun 2010 secara sukarela, dan hingga 41% dengan dukungan pembiayaan internasional (Perpres No 61/2011). Salah satu bentuk aktivitas yang berpotensi untuk menurunkan emisi karbon adalah praktek penebangan ramah lingkungan (*Reduced - impact Logging/RIL*) di hutan alam produksi di luar Pulau Jawa.

Studi tentang pengaruh praktek RIL terhadap kerusakan tegakan tinggal telah banyak dilakukan, seperti: (1) Putz *et al.* (2008) dalam studinya di Malaysia dan Brazil, menyebutkan bahwa penerapan RIL dapat meningkatkan cadangan karbon tersimpan dalam biomassa pohon hingga 30%; (2) Priyadi *et al.* (2008) dalam studinya di Kalimantan Timur, menyebutkan bahwa praktek RIL dapat mengurangi kerusakan tegakan tinggal hingga 30%; (3) Sist *et al.* (1998a) dalam studinya di Kalimantan, menyebutkan bahwa praktek RIL dapat mengurangi kerusakan tegakan tinggal hingga 50%.

Untuk meningkatkan akurasi perhitungan emisi nasional, Indonesia memerlukan data emisi karbon dari berbagai aktivitas penggunaan lahan termasuk hutan produksi yang dikelola dengan prinsip-prinsip pemanenan berdampak lingkungan rendah. Data dan informasi yang dapat diandalkan sangat penting untuk membangun *Reference Emission Level* (REL), yaitu emisi karbon yang diprediksi akan terjadi apabila tidak ada proyek karbon atau *business as usual scenario*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cadangan karbon hutan bekas tebangan/*logged over forest* (LOF) setelah 10 tahun pemanenan dengan praktek RIL dan konvensional (*Conventional Logging/CL*).

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Inhutani II, Sub Unit Malinau, Kabupaten Malinau, Propinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian ini dipilih karena PT Inhutani II Sub Unit Malinau telah menerapkan RIL dalam praktek pembalakkannya dengan supervisi dari CIFOR pada tahun 1997/1998 mengikuti panduan RIL yang dibuat oleh Sist *et al.* (1998b). Penelitian dilakukan pada petak 45 dan 43 yang merepresentasikan LOF RIL dan LOF CL. Pada tiap petak dibuat petak ukur seluas 6 ha dan dilakukan pengukuran diameter pada seluruh pohon dengan diameter > 10 cm. Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober - November 2010. Kegiatan pembalakan pada petak 45 dan 43 dilakukan pada tahun 2000/2001, sehingga pada saat pengukuran keduanya merupakan LOF 10 (hutan bekas tebangan setelah 10 tahun). Praktek RIL di lokasi penelitian meliputi beberapa kegiatan seperti dalam Lampiran 1.

B. Perhitungan Cadangan Karbon

Karena lokasi penelitian ini berada di tanah mineral dimana perubahan cadangan karbonnya relatif tetap (IPCC, 2006), maka perhitungan cadangan karbon hutan hanya dilakukan pada biomassa di atas tanah (*Above Ground Biomass/AGB*) dan biomassa di bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass*). Perhitungan biomassa di atas tanah (*AGB*) dilakukan dengan mengikuti persamaan yang dibuat oleh Yamakura *et al.* (1986) yang telah melakukan penelitian di hutan tropis Kalimantan Timur. Metode perhitungan Yamakura ini dipilih karena metode ini memberikan gambaran yang menyeluruh akan cadangan karbon pada tiap fraksi pohon. Pendekatan yang diambil dalam menghitung cadangan karbon biomassa di atas permukaan tanah adalah dengan membagi pohon ke dalam beberapa fraksi: batang, cabang, dan daun. Hubungan antara diameter pohon D dalam centimeter dengan tinggi H (dalam meter)

mengikuti persamaan yang dibuat oleh Ogawa dan Kira (1977) dalam Yamakura *et al.* (1986), yaitu:

$$\frac{1}{H} + \frac{1}{(1.757D)} + \frac{1}{88.43} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana $D \geq 4.5$ cm. Tinggi dan diameter pohon selanjutnya dipergunakan untuk mengestimasi berat kering batang w_s dengan persamaan:

$$w_s + 2.903 + 10^{-2} (D^2 H)^{0.9813} \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya, berat kering batang w_s dipergunakan untuk mengestimasi berat kering cabang w_b dengan persamaan:

$$w_b + 0.1192 w_s^{1.059} \dots\dots\dots(3)$$

Berat kering batang dan cabang dipergunakan secara bersama-sama dalam mengestimasi berat kering daun w_L mengikuti persamaan:

$$w_L + 9.146 + 10^{-2} (w_s + w_b)^{0.7266} \dots\dots\dots(4)$$

Karena perhitungan biomassa akar sulit dilakukan, maka biomassa akar diestimasi mengikuti persamaan yang dibuat oleh Cairns *et al.* (1997), yaitu:

$$RDB + \exp(+1.0587 + 0.8836 + \ln TAGB) \dots\dots\dots(5)$$

Di mana *Root Biomass Density* (RDB) adalah berat biomassa akar yang merupakan fungsi dari total

berat biomassa di atas permukaan tanah (*TAGB*). Setelah mengetahui berat kering tiap fraksi pohon, cadangan karbon biomassa diasumsikan sebanyak 0.5 dari total berat kering tiap fraksi.

$$Total C + 0.5 TAGB \dots\dots\dots(6)$$

Nekromass (biomassa mati) dihitung dengan menggunakan persamaan dari Hairiah *et al.* (2007), yaitu:

$$+ D^2 H + 40 \dots\dots\dots(7)$$

Dimana D adalah diameter (cm), H panjang nekromass (m), ρ berat jenis (rata-rata berat jenis pada penelitian ini adalah 0.6).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Praktek Pembalakan Berdampak Rendah dan Serapan Karbon

Praktek pembalakan berdampak rendah telah dilakukan di Indonesia sebagai akibat dari banyaknya jumlah pohon yang dibalak tanpa mengindahkan kaidah-kaidah kelestarian (Sist *et al.*, 2003). Penerapan TPTI (Tebang Pilih Tanam Indonesia) saja yang memberikan ijin untuk menebang pohon dengan diameter lebih dari 50 atau 60 cm (tergantung tipe hutannya) dengan rotasi 35 tahun ternyata kurang dapat menjamin

Tabel 1. Beberapa kegiatan yang tercakup dalam petunjuk pelaksanaan RIL dan dampaknya terhadap hutan dan penyimpanan karbon

Table 1. *Some practices included in the RIL guidelines and their impacts on forest and carbon stock*

Kegiatan (Activity)	Tujuan (Objective)	Dampak bagi hutan ^a (Effect on forest)	Dampak bagi simpanan karbon (Effect on carbon retention)
Perencanaan Tempat Pengumpulan Kayu (TPK)	Mengurangi jumlah dan ukuran log di TPK	Penting	Positif
Perencanaan jalan	Meminimalisir panjang dan luas jalan	Penting	Positif
Konstruksi jembatan, saluran air	Mengurangi kubangan air	Moderate	Positif
Perencanaan jalan sarad	Mengurangi kerusakan tanah dan pohon	Sangat penting	Positif
Penandaan pohon yang akan ditebang	Mengurangi kerusakan dan kematian pohon	Penting/sangat penting	Positif
Penentuan arah rebah	Mengurangi kerusakan pohon dan meningkatkan rendemen	Penting	Positif
Pemotongan liana	Mengurangi kerusakan kolateral dan ukuran gap	Penting	positif

^a Kategori dampak : moderate < 25%; penting 25-50%; sangat penting > 50% (Categories of effect: moderate < 25%; substantial 25-50%; large > 50%)
Sumber (Source): Putz *et al.* (2008)

kelestarian hasil. Rata-rata pohon yang ditebang di hutan Dipterocarpaceae Kalimantan adalah > 10 pohon per ha dengan volume > 100 m³ ha⁻¹. Dengan intensitas tebangan ini, kerusakan tegakan tinggal yang diakibatkan dapat mencapai 50% (Sist *et al.*, 1998a). Penelitian yang dilakukan oleh Sist *et al.* (2003) menemukan bahwa RIL akan memberikan dampak yang signifikan apabila intensitas tebangannya < 8 pohon ha⁻¹. Temuan ini menjadi dasar rekomendasi bagi Departemen Kehutanan dalam mengeluarkan SK tentang RIL, yaitu SK No 274/VI-PHA/2001 tentang penerapan RIL di HPH (Hak Pengusahaan Hutan) di Indonesia.

Putz *et al.* (2008) menyebutkan bahwa beberapa kegiatan dalam petunjuk RIL akan memberikan dampak bagi hutan itu sendiri dan penyimpanan karbon. Kegiatan-kegiatan tersebut dapat disajikan dalam Tabel 1.

Namun demikian, Putz *et al.* (2000) menyebutkan bahwa pembalakan konvensional tetap banyak dilakukan di negara-negara tropis arena beberapa alasan: (1) praktek RIL dianggap terlalu mahal, (2) tidak ada yang salah dengan praktek pembalakan yang ada sekarang, (3) rendahnya insentif dari pemerintah untuk mengubah praktek pembalakan, (4) hutan akan dikonversi juga, (5) peralatan yang ada tidak sesuai dengan pembalakan RIL, (6) rendahnya pelatihan dan petunjuk dari para ahli RIL, dan (7) rendahnya tekanan dari para penggiat lingkungan untuk melaksanakan RIL dengan benar.

B. Komposisi Jenis Hutan Bekas Tebangan

Komposisi jenis tegakan hutan di LOF RIL dan LOF CL didominasi terutama oleh jenis-jenis keluarga Dipterocarpaceae, seperti: meranti merah,

meranti kuning, meranti putih, keruing, dan bangkirai. Komposisi jenis tegakan hutan di lokasi penelitian dapat disajikan dalam Tabel 2. Jenis komersial meranti merah mendominasi komposisi tegakan baik di petak LOF RIL maupun petak LOF CL dengan jumlah hingga 54 dan 52 pohon. Selain itu, jenis keruing, meranti merah dan meranti putih menambah prosentase dominasi keluarga Dipterocarpaceae di lokasi penelitian. Tabel 2 menunjukkan jumlah pohon per ha pada petak LOF RIL lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah pohon per ha pada petak LOF CL, yaitu berturut turut sebanyak 215 dan 186. Hal ini menunjukkan bahwa praktek RIL dapat mengurangi kerusakan tegakan tinggal yang terjadi akibat kegiatan pembalakan. Kegiatan pembalakan yang terencana dengan operator yang terlatih terbukti dapat mengurangi kerusakan tegakan tinggal yang ada. Sementara itu, struktur tegakan pada petak LOF RIL dan LOF CL disajikan dalam Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa struktur tegakan di kedua petak LOF menunjukkan kondisi yang normal seperti struktur hutan alam lainnya, yaitu berbentuk J terbalik. Jumlah pohon terbanyak didominasi oleh pohon dengan diameter terkecil dan terus menurun hingga diameter terbesar. Jumlah pohon dengan diameter 10 - 39 cm pada petak LOF RIL lebih tinggi dibandingkan jumlah pohon pada petak LOF CL. Bahkan pada diameter pohon 10 - 19 cm, terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara keduanya. Beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa praktek RIL telah mengurangi kerusakan tegakan tinggal (Priyadi *et al.*, 2008; Bertault & Sist, 1997; Putz *et al.*, 2008; Sist *et al.*, 1998a).

Tabel 2. Komposisi Jenis Pada Lokasi Penelitian

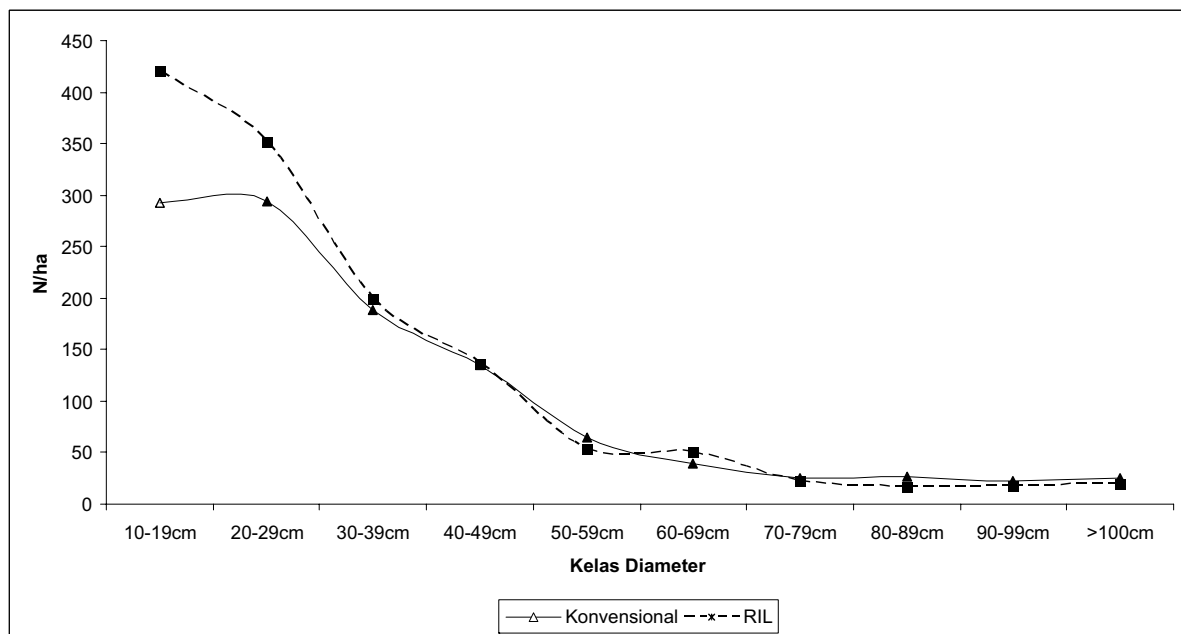
Table 2. *Species composition in research location*

No	Nama lokal (Local Name)	Nama Latin (Species)	Total dalam sampel (Total in sample)		Jumlah pohon rata-rata/ha (Average number of trees/ha)	
			RIL	CL	RIL	CL
1	Arang	<i>Diospyros sp.</i>	52	41	8.7	6.8
2	Bangkirai	<i>Shorea laevis</i>	7	4	1.2	0.7
3	Binuang	<i>Callophyllum soulattri</i>	7	10	1.2	1.7
4	Dara-dara	<i>Knema sp.</i>	57	45	9.5	7.5
5	Durian	<i>Durio sp.</i>	6	10	1.0	1.7

Tabel 2. Lanjutan
Table 2. Continued

No	Nama lokal (Local Name)	Nama Latin (Species)	Total dalam sampel (Total in sample)		Jumlah pohon rata-rata/ha (Average number of trees/ha)	
			RIL	CL	RIL	CL
6	Gaharu	<i>Gonystylus bancanus</i>	3	4	0.5	0.7
7	Jabon	<i>Anthocephallus cadamba</i>	38	5	6.3	0.8
8	Jambu-jambu	<i>Syzigium sp.</i>	9	41	1.5	6.8
9	Kapur	<i>Dryobalanops sp.</i>	21	18	3.5	3.0
10	Keruing	<i>Dipterocarpus sp.</i>	104	124	17.3	20.7
11	Limpas	<i>Kompassia mallacensis</i>	2	5	0.3	0.8
12	Meranti Kuning	<i>Shorea sp</i>	59	40	9.8	6.7
13	Meranti Merah	<i>Shorea sp</i>	322	310	53.7	51.7
14	Meranti Putih	<i>Shorea sp</i>	69	54	11.5	9.0
15	Nyatoh	<i>Chrysophyllum sp.</i>	20	10	3.3	1.7
16	Sepatir	<i>Copaifera palustris</i>	104	85	17.3	14.2
17	Tengkawang	<i>Shorea macrophylla</i>	17	83	2.8	13.8
18	Terap	<i>Artocarpus sp</i>	20	15	3.3	2.5
19	Rimba Campuran		349	187	62.2	35.5
TOTAL			1.290	1.117	215	186

Sumber (Source): diolah dari data primer (calculated from primary data)



Gambar 1. Struktur tegakan petak RIL dan CL
Figure 1. Stand structure in plots of LOF RIL and CL)

Sumber : diolah dari data primer
Source: calculated from primary data

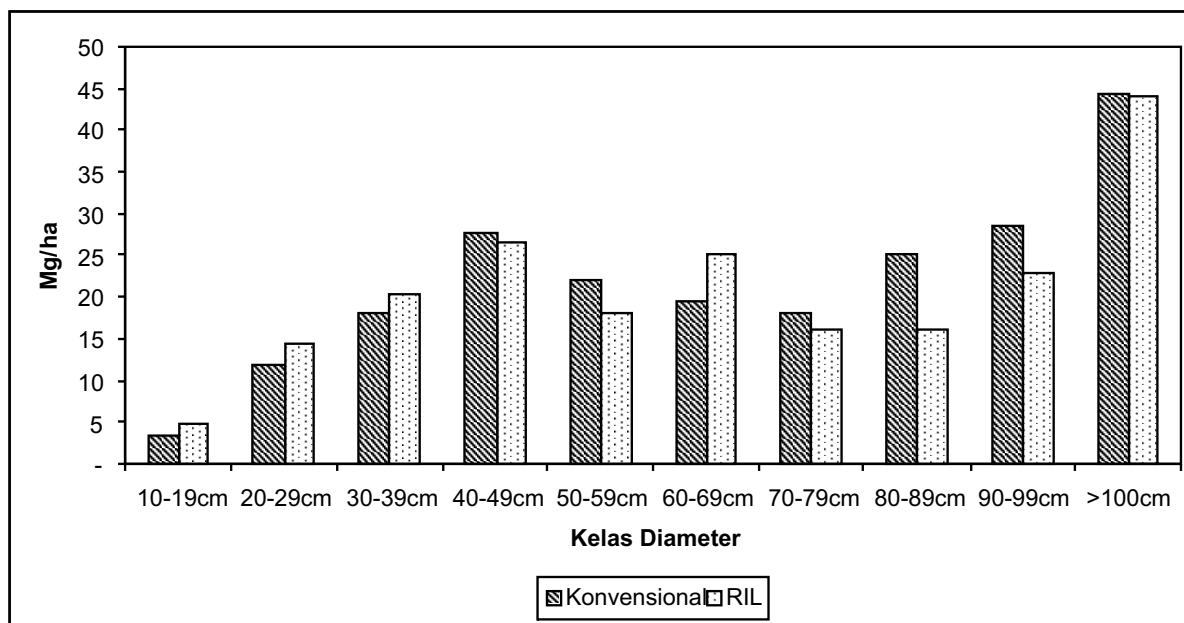
C. Cadangan Karbon LOF RIL dan CL

Cadangan karbon hutan pada LOF RIL dan CL disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3. Total carbon tersimpan pada biomassa di atas tanah pada LOF RIL dan CL berturut-turut adalah sebesar 193.87 dan 184.56 Mg ha⁻¹ (Tabel 3 dan Tabel 4). Temuan ini menarik mengingat jumlah pohon pada tegakan tinggal LOF RIL jauh lebih tinggi dibandingkan LOF CL. Apabila dicermati, jumlah pohon pada LOF RIL jauh lebih banyak pada kelas diameter kecil, sehingga kontribusinya terhadap jumlah karbon tersimpan total tidak signifikan. Selain itu, jumlah pohon dengan diameter besar (>70 cm) lebih banyak dijumpai pada LOF CL, sehingga LOF CL memiliki karbon tersimpan yang lebih tinggi dibandingkan karbon pada LOF RIL (Gambar 2).

Hipotesis bahwa karbon tersimpan dalam biomassa pohon lebih besar pada LOF RIL dibandingkan pada LOF CL tidak terbukti apabila proporsi tegakan tinggal pada LOF CL lebih didominasi oleh pohon dengan diameter besar (>70 cm). Namun demikian, untuk mengetahui pengaruh praktek RIL terhadap karbon tersimpan dalam biomassa tegakan tinggal, perlu dilakukan simulasi terhadap dinamika perubahan karbon tersimpan dalam biomassa dalam satu kurun waktu

tertentu (misalnya 1 rotasi tebangan). Pengaruh tingkat pertumbuhan pohon dalam LOF RIL dan LOF CL perlu dicermati lebih lanjut untuk mengetahui kandungan karbon tersimpan rata-rata dari dua praktek penebangan tersebut. Seperti telah diungkapkan oleh Sasaki *et al.* (2010) bahwa waktu restorasi tegakan tinggal *LOF* sebanding dengan tingkat kerusakan tegakan tinggal yang terjadi (Gambar 3). Semakin rusak tegakan tinggalnya, diperlukan waktu restorasi yang lebih lama.

Sebagai fungsi dari total AGB, karbon tersimpan dalam biomassa akar juga lebih tinggi pada LOF CL, yaitu sebesar 24.97 Mg ha⁻¹, daripada karbon dalam biomassa akar LOF RIL, yaitu sebesar 23.95 Mg ha⁻¹. Proporsi terbesar karbon tersimpan dalam biomassa pohon adalah fraksi batang, yaitu sebesar 74%, kemudian diikuti oleh cabang, akar, dan daun yaitu berturut-turut sebesar 14, 11, dan 1% (Gambar 4). Proporsi fraksi pohon terhadap biomassa pohon in serupa dengan penemuan empirik oleh Hardjana (2010) pada tegakan *Acacia mangium* di Kaltim, yaitu: 73.4%, 7.2%, 3.12%, dan 14% berturut-turut dari batang, cabang, daun dan akar. Carbon tersimpan dalam biomassa mati (nekromassa) pada LOF CL dan LOF RIL berturut-turut adalah sebesar 57 dan 52 Mg ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kematian pohon

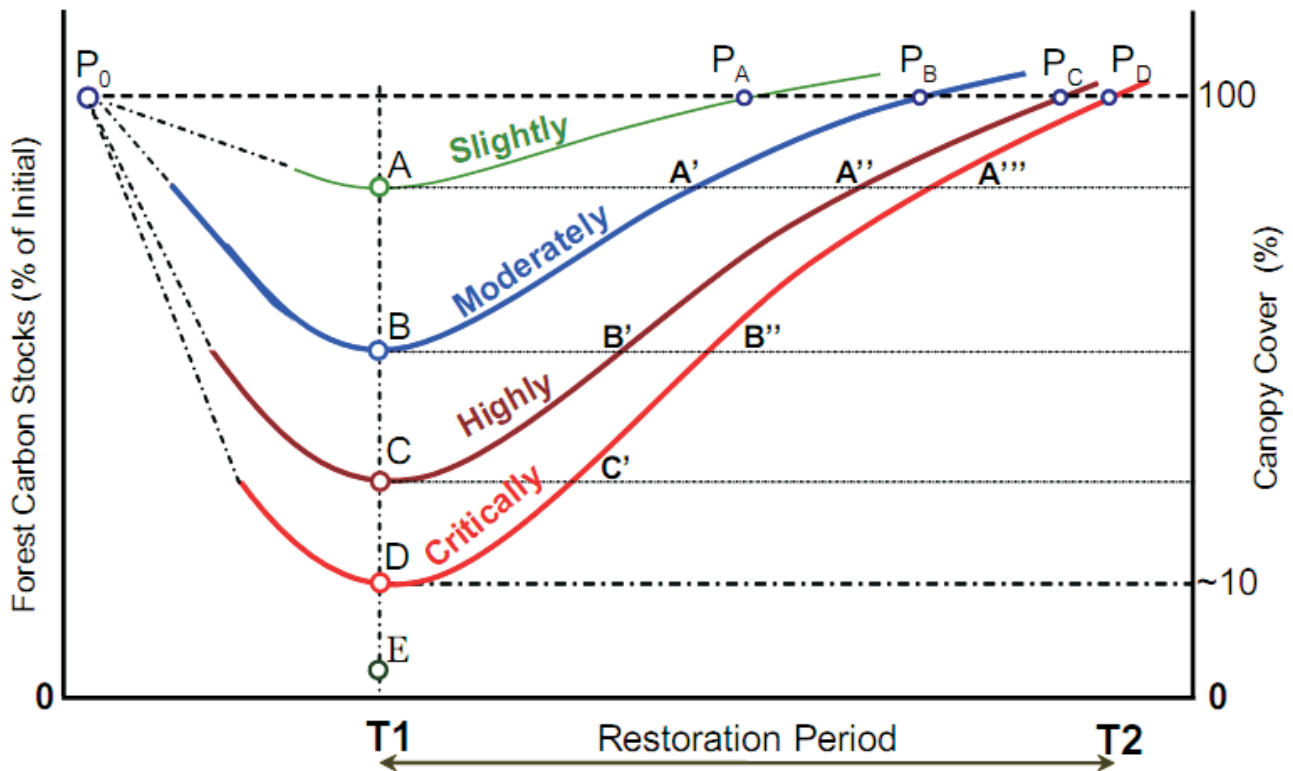


Gambar 2. Karbon tersimpan dalam biomassa pohon pada berbagai kelas diameter

Figure 2. Carbon stock in tree biomass in some diameter classes

Sumber: diolah dari data primer

Source: Calculated from primary data



Gambar 3. Beberapa tingkat degradasi hutan dan waktu yang diperlukan untuk restorasi

Figure 3. Different states of forest degradation and time courses for restoration

Sumber: Sasaki *et al.* (2010)

Source: Sasaki *et al.* (2010)

dan jumlah batang yang ditinggalkan pada LOF RIL lebih rendah dibandingkan pada LOF CL yang kemungkinan disebabkan oleh lebih rendahnya tingkat kerusakan yang terjadi akibat kegiatan pembalakan RIL dibandingkan dengan kerusakan yang terjadi pada pembalakan CL.

Hal lain yang perlu mendapatkan perhatian adalah bahwa jumlah pohon tengkawang (*Shorea macrophylla*) pada LOF CL (13.8 pohon ha^{-1}) jauh lebih banyak dibandingkan dengan LOF RIL (2.3 pohon ha^{-1}) dengan kelas diameter yang bervariasi. Hal ini membuat kontribusi jenis tengkawang menjadi cukup besar terhadap cadangan karbon di LOF CL yaitu sebesar 24.22 $Mg\ ha^{-1}$. Sementara itu, kontribusi jenis tengkawang pada LOF RIL hanya sebesar 2.83 $Mg\ ha^{-1}$.

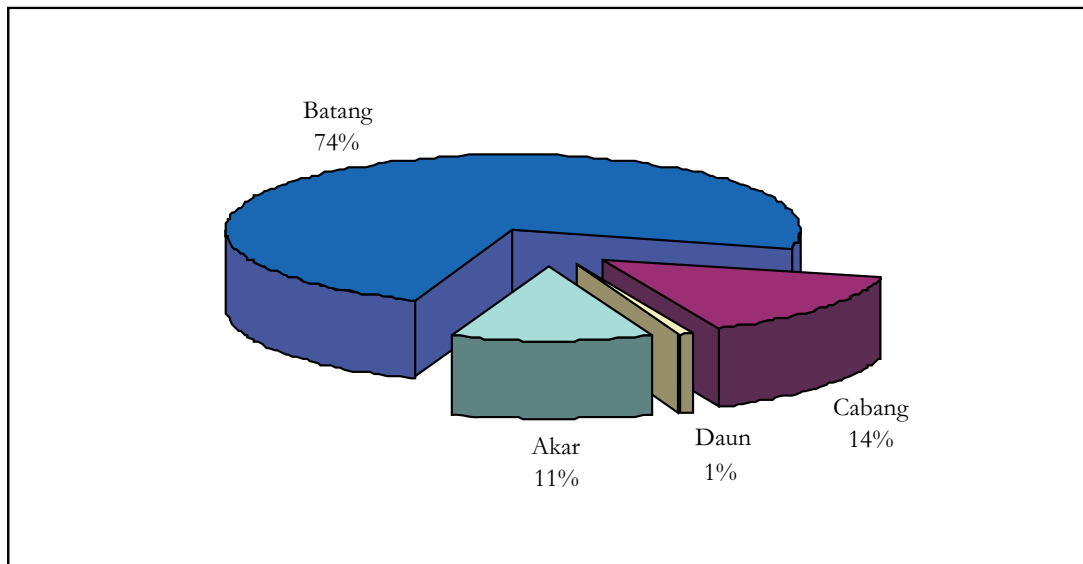
Pohon tengkawang merupakan pohon yang dilindungi (tidak boleh ditebang) berdasarkan SK Menteri Pertanian No 54/Kpts/Um/2/1972, karena dapat menghasilkan getah-getahan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar hutan. Karena merupakan pohon dilindungi dan jumlahnya melimpah pada LOF CL, cadangan karbon pada LOF CL menjadi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan LOF RIL. Apabila jenis tengkawang ini tidak diperhitungkan dalam perhitungan cadangan karbon untuk mengetahui efek dari RIL terhadap cadangan karbon, maka hasilnya akan menunjukkan bahwa cadangan karbon dalam LOF RIL lebih tinggi dibandingkan dengan LOF CL yaitu berturut-turut sebesar 205.68 $Mg\ ha^{-1}$ dan 194.62 $Mg\ ha^{-1}$.

Tabel 3. Cadangan karbon dalam biomassa pohon pada berbagai kelas diameter dan fraksi pohon LOF CL ($Mg\ ha^{-1}$) (Table 3). (Carbon stock in tree biomass in some diameter classes and tree fractions of LOF CL ($Mg\ ha^{-1}$))

Fraksi	Kelas Diameter LOF CL										Total
	10-19cm	20-29cm	30-39cm	40-49cm	50-59cm	60-69cm	70-79cm	80-89cm	90-99cm	>100cm	
Batang	2.41	8.54	13.08	20.27	16.23	14.21	13.39	18.48	21.10	32.88	160.60
Cabang	0.38	1.44	2.32	3.76	3.10	2.78	2.67	3.75	4.37	6.92	31.50
Daun	0.07	0.17	0.21	0.27	0.19	0.15	0.13	0.16	0.17	0.25	1.78
AGB	2.86	10.16	15.61	24.30	19.53	17.14	16.19	22.39	25.64	40.05	193.87
Akar	0.56	1.74	2.42	3.44	2.61	2.20	1.99	2.66	2.93	4.42	24.97
Total Carbon	3.42	11.90	18.04	27.74	22.14	19.34	18.18	25.05	28.56	44.47	218.84

Tabel 4. Cadangan karbon dalam biomassa pohon pada berbagai kelas diameter dan fraksi pohon LOF RIL ($Mg\ ha^{-1}$) (Table 4). (Carbon stock in tree biomass in some diameter classes and tree fractions of LOF RIL) ($Mg\ ha^{-1}$)

Fraksi	Kelas Diameter LOF RIL										Total
	10-19cm	20-29cm	30-39cm	40-49cm	50-59cm	60-69cm	70-79cm	80-89cm	90-99cm	>100cm	
Batang	3.39	10.33	14.86	19.52	13.20	18.31	11.90	11.84	17.01	32.53	152.89
Cabang	0.53	1.75	2.65	3.61	2.52	3.58	2.38	2.41	3.52	6.98	29.93
Daun	0.10	0.21	0.24	0.26	0.15	0.19	0.11	0.10	0.14	0.23	1.74
AGB	4.02	12.29	17.74	23.40	15.87	22.09	14.39	14.35	20.67	39.74	184.56
Akar	0.79	2.10	2.73	3.34	2.13	2.82	1.76	1.70	2.36	4.23	23.95
Total Carbon	4.81	14.39	20.47	26.73	18.00	24.91	16.15	16.06	23.03	43.97	208.50



Gambar 4. Kontribusi tiap fraksi pohon terhadap biomassa
 Figure 4. Contribution of tree fractions to biomass

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah karbon tersimpan dalam biomassa hutan bekas tebangan RIL dan CL berturut-turut adalah sebanyak 208.50 dan 218.84 Mg ha⁻¹ dengan total karbon tersimpan dalam biomassa di atas permukaan tanah sebesar 184.56 dan 193.87 Mg ha⁻¹.
2. Proporsi karbon tersimpan dalam fraksi pohon: batang, cabang, daun dan akar berturut-turut adalah sebesar 74%, 14%, 1%, dan 11%.
3. Karbon tersimpan dalam nekromassa pada hutan bekas tebangan LOF RIL dan LOF CL berturut-turut adalah sebesar 52 dan 57 Mg ha⁻¹.
4. Apabila jenis dilindungi seperti tengkawang tidak diperhitungkan dalam perhitungan cadangan karbon, maka jumlah karbon tersimpan dalam biomassa pada LOF RIL menjadi lebih tinggi dibandingkan pada LOF CL yaitu berturut-turut sebesar 205.68 Mg ha⁻¹ dan 194.62 Mg ha⁻¹.

B. SARAN

Penerapan RIL dalam penelitian ini tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap jumlah karbon tersimpan dalam hutan bekas tebangan dibandingkan dengan hutan bekas

tebangan dengan pembalakan konvensional. Hal ini disebabkan karena jumlah pohon dengan diameter besar (>70 cm) pada LOF CL lebih banyak dibandingkan dengan LOF RIL. Pohon-pohon besar yang tidak ditebang pada LOF CL merupakan pohon-pohon yang dilindungi (misalnya: tengkawang) dan pohon growong (kualitas kayu rendah). Perlu penelitian lebih lanjut tentang perhitungan biomassa tegakan hutan dalam konteks perdagangan karbon (yang mensyaratkan adanya *additionality*) apabila pohon-pohon dilindungi dan pohon dengan kualitas kayu rendah tidak diperhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baumert, K., T. Herzog, and J. Pershing. 2005. Navigating the numbers: Greenhouse gas data dan international climate policy. World Resource Institute (WRI). Washington.
- Bertault, J-G and P. Sist. 1997. An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced impact and conventional logging in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* vol 94, pp. 209-218
- Cairns, MA, S. Brown, EH Helmer, and GA Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1-11
- Hardjana, A.K. 2010. Potensi biomassa dan karbon pada hutan tanaman *Acacia mangium* di PT Surya Htutani Jaya, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* Vol. 7 No. 4: 237-249

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories vol. 4: agriculture, forestry and other land use.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva: IPCC
- Murdiyarso, D., M. Skutch, M. Guariguata, M. Kanninen, C. Luttrell, P. Verweij and O.S. Martins. 2008. How do we measure and monitor forest degradation? in Moving ahead with REDD: issues, options and implications. CIFOR.
- Anonim. Peraturan Presiden RI No 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Pinard, M.A. and F.E. Putz. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28(3), 278-295
- Priyadi, H., P Sist, P Gunarso, M Kanninen, K Kartawinata, D Sheil, T Setyawati, H Dwiprabowo, H Siswoyo, G. Silooy, CA Siregar, and WS Dharmawan. 2007. Reduced impact logging: benefits and constraints. In *Managing forest resources in a decentralized environment: Lessons learnt from the Malinau research forest, East Kalimantan, Indonesia*. CIFOR
- Putz FE, DP Dykstra, and R. Heinrich. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology* Vol 14 No 4: 951 - 956
- Putz, F.E., P.A. Zuidema, M.A. Pinard, R.G.A. Boot, J.A. Sayer, D. Sheil, P. Sist, Elias, and J.K. Vanclay. 2008. Improved Tropical Forest Management for Carbon Retention. *PLoS Biology* volume 6 issue 7.
- Sasaki, N., G.P. Asner, W. Knorr, P.B. Durst, H.R. Priyadi, and F.E. Putz. 2010. Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD+ climate change mitigation mechanism. *iForest-Biogeosciences and Forestry*.
- Sist, P., D. Dykstra and R. Fimbel. 1998b. Reduced Impact Logging guidelines for lowland and hill dipterocarp forests in Indonesia. CIFOR Occasional Paper No 15. Bogor
- Sist, P., D. Sheil, K. Kartawinata, dan H. Priyadi. 2003. Reduced impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management* 179: 415-427
- Sist, P., T. Nolan, J.G. Bertault, D. Dykstra. 1998a. Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management* vol 108, pp. 251-260. Elsevier
- Yamakura, T., A. Hagihara, S. Sukardjo, and H. Ogawa. 1986. Aboveground biomass of tropical rain forest stands in Indonesian Borneo. *Vegetatio* 68: 71-82