

POTENSI KARBON PADA LIMBAH PEMANENAN KAYU *Acacia Crassicarpa* (Carbon Potential of Waste Timber Harvesting *Acacia Crassicarpa*)

Yuniawati , Sona Suhartana *

**Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610. E-mail: yunia_las@yahoo.co.id*

ABSTRAK

*Pemanfaatan limbah kayu akibat pemanenan kayu merupakan suatu upaya untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu sehingga dicapai keseimbangan antara berkurangnya pasokan kayu bulat dari hutan alam dengan kebutuhan bahan baku kayu bulat. Selama ini pemanfaatan limbah kayu belum optimal, sehingga banyak limbah kayu yang ditinggalkan di dalam hutan dan dibiarkan membusuk di dalam hutan. Kegiatan tersebut mengakibatkan terjadinya proses dekomposisi pada limbah kayu. Proses pembusukan tersebut berarti emisi karbon ke atmosfer. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui potensi karbon yang ada pada limbah pemanenan kayu *Acacia crassicarpa*. Metode penelitian adalah pengukuran potensi massa karbon pada tegakan *Acacia crassicarpa* kelas umur 2,3,4 dan 5 tahun dan pada areal setelah pemanenan kayu kelas umur 0 tahun untuk pengukuran massa karbon limbah kayu, bagian-bagian pohon dan limbah dianalisis uji laboratorium untuk mengukur kadar karbon serta penggunaan persamaan alometrik. Penelitian dilaksanakan di areal HTI rawa gambut PT Riau Andalan Pulp and Paper Sektor Pelalawan Riau pada tahun 2010.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata potensi karbon pada limbah kayu *Acacia crassicarpa* mengalami penurunan sebesar 2,62% dari tegakan sebelum pemanenan (tegakan umur 2,3,4 dan 5 tahun). Limbah kayu berupa tunggak merupakan limbah yang memiliki rata-rata potensi karbon yang lebih tinggi daripada jenis limbah yang lain, hal tersebut dikarenakan volume kayu pada limbah tunggak lebih besar. Volume kayu tunggak yang tinggi disebabkan kurang terampilnya operator chainsaw saat penebangan. Semakin banyak limbah kayu yang ditinggalkan di dalam hutan maka semakin besar potensi karbon akan hilang teremisi akibat pembusukan.*

Kata Kunci : *Limbah kayu, pemanenan kayu, potensi karbon*

ABSTRACT

*Utilization of wood waste as a result of timber harvesting is an attempt to improve the efficiency of utilization of wood so that balance is achieved between berkurangnya timber supply from natural forests with the raw material needs of logs. During the utilization of wood waste is not optimal, so a lot of wood waste left in the forest and left to rot in the woods. These activities resulted in the decomposition of the waste timber. The decay process means that carbon emissions into the atmosphere. This paper aims to determine the potential of existing carbon in the waste timber harvesting *Acacia crassicarpa*. The research method is the measurement of the mass of the carbon potential in *Acacia stands crassicarpa* age classes 2,3,4 and 5 years and in area after timber harvest year age class 0 for the mass measurement of carbon waste wood, tree parts and waste analyzed laboratory test to measure levels of carbon as well as the use of allometric equations. The experiment was conducted in peat bogs HTI PT Riau Andalan Pulp and Paper Sector Pelalawan Riau in 2010.*

*The results showed that average potential of carbon in waste wood *Acacia crassicarpa* decreased by 2.62% from the stands before harvesting (stand ages 2,3,4 and 5 years). A stump of wood waste has an average carbon potential higher than that of other types of waste, it is because the volume of waste wood on a larger stump. High volume of wood stump caused less skilled chainsaw operators when logging. The more waste wood left in the forest, the greater the potential for carbon emitted will be lost due to spoilage.*

Keywords : *waste wood, timber harvesting, carbon potential*

I. PENDAHULUAN

Pemanenan kayu merupakan bagian dari pengelolaan hutan. Kegiatan yang dilakukan antara lain penebangan, penyaradan, muat-bongkar dan pengangkutan. Pemanenan kayu sebagai usaha pemanfaatan kayu dengan mengubah tegakan pohon berdiri menjadi sortimen kayu bulat dan mengeluarkannya dari hutan untuk dimanfaatkan sesuai peruntukannya. Sedangkan tujuan dari pemanenan kayu adalah memaksimalkan nilai kayu, mengoptimalkan pasokan kayu industry, meningkatkan kesempatan kerja serta mengembangkan ekonomi regional. Maksimalnya nilai hutan dapat dinilai dari jumlah produksi yang tinggi, mutu hasil kayu yang tinggi dan tegakan sisa yang bernilai tinggi.

Kebutuhan kayu untuk bahan baku industri kayu Indonesia setiap tahunnya selalu meningkat. Tetapi pasokan kayu bulat dari hutan alam semakin berkurang. Menurut Ketua Bidang Produksi Hutan Tanaman Asosiasi Pengusaha Hutan Indonesia (APHI) Suparna (2014) Berkurangnya pasokan bahan baku kayu bulat dari hutan alam disebabkan semakin banyaknya perusahaan hutan alam yang tidak aktif lagi. Pada 2012, jumlah HPH aktif tinggal 115 HPH, padahal pada 2011 jumlah HPH aktif masih sekitar 143 HPH. Produksi kayu ikut menurun, jika pada 2011 produksi bahan baku kayu bulat sebanyak 6,28 juta m³, pada 2012 hanya 3,77 juta m³.

Untuk mengatasi pasokan kayu bulat dari hutan alam yang setiap tahun semakin berkurang, maka pemerintah membangun program hutan tanaman industri (HTI). Hendroyono (2014) selaku Dirjen Bina Usaha Kehutanan Kementerian Kehutanan mengatakan bahwa produksi kayu dari HTI ditargetkan mencapai 360 juta m³ per tahun dalam 10 tahun mendatang, guna menyokong industri kehutanan dan pertumbuhan nasional. Target produksi kayu tersebut akan tercapai dari areal tanaman HTI seluas 14 juta hektar, sedangkan saat ini luas areal HTI baru sekitar 5 juta hektar.

Namun pembangunan HTI tersebut sampai sekarang belum mampu menyediakan pasokan bahan baku kayu bulat dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu diperlukan upaya memaksimalkan nilai kayu dengan melakukan efisiensi pohon yang ditebang. Efisiensi pemanfaatan kayu tersebut dengan memanfaatkan limbah kayu akibat pemanenan kayu.

Sebagai akibat dari adanya kegiatan pemanenan kayu, timbul beberapa permasalahan diantaranya adalah terjadinya limbah. Limbah tersebut berbentuk tunggak, batang, cabang dan potongan pendek yang dapat terjadi di petak tebang, TPn dan TPK. Limbah pemanenan kayu dalam PP Republik Indonesia No 59 tahun 1998 adalah kayu yang tidak atau belum dimanfaatkan pada kegiatan yang berasal dari pohon yang boleh ditebang berupa sisa pembagian batang, tunggak, ranting, pucuk pohon yang memiliki ukuran diameter kurang dari 30 cm atau panjang kurang dari 1,3 m.

Keberadaan limbah ini sering kali diabaikan, karena pemanfaatannya dianggap menyulitkan dan mahal. Bagian pohon seperti tunggak, cabang dan batang yang cacat, umumnya ditinggalkan begitu saja di hutan dan menjadi limbah. Volume kayu yang dimanfaatkan lebih kecil daripada volume kayu yang dipanen, sehingga terdapat sisa kayu yang belum atau tidak diangkut keluar dari petak tebang.

Limbah berarti sisa pemanenan kayu yang ditinggalkan begitu saja di areal petak tebang. Jenis-jenis limbah pemanenan kayu sangat banyak, tetapi dalam penulisan ini hanya mencakup limbah tunggak, cabang, sortimen dan batang atas. Keberadaan limbah kayu tersebut sangat berpengaruh terhadap potensi penyerapan karbon. Karena limbah tersebut merupakan bagian dari pohon yang mengandung karbon. Limbah kayu yang ditinggalkan/dibiarkan berada di petak tebang dapat menyebabkan emisi karbon. Emisi tersebut berasal dari proses dekomposisi limbah kayu. Terjadi pengurangan nilai karbon di dalam limbah tersebut. Dapat dikatakan bahwa

semakin banyak limbah kayu maka semakin banyak potensi karbon yang hilang dan semakin banyak menimbulkan emisi karbon. Hal ini sangat merugikan bagi sektor ekonomi dan kelestarian lingkungan.

Isu emisi karbon yang semakin gencar saat-saat ini membuat para pengelola hutan harus lebih bijaksana dalam mengelola hutan. Demikian juga halnya dengan kegiatan pemanenan kayu di hutan tanaman rawa gambut. Kondisi fisik areal gambut yang memiliki massa karbon sangat tinggi menyebabkan kegiatan pemanenan kayu harus dilakukan secara hati-hati dan menggunakan perencanaan pemanenan kayu yang matang dan benar.

Karbon merupakan komponen utama penyusun biomassa tanaman melalui proses fotosintesis. Adanya peningkatan karbondioksida di atmosfer secara global telah menyebabkan timbulnya masalah lingkungan. Hutan tanaman selain diharapkan mampu menggantikan peran utama hutan alam dalam menyediakan kebutuhan bahan baku kayu bagi industri perkebunan di Indonesia, dikarenakan semakin menurunnya potensi kayu dari hutan alam. Menurut Lasco (2002) diacu dalam Rahayu *et al.*, (2005) menyatakan bahwa kegiatan pemanenan kayu berperan dalam menurunkan cadangan karbon di atas permukaan tanah minimal 50 %. Di hutan tropis Asia penurunan cadangan karbon akibat aktivitas pemanenan kayu berkisar antara 22-67 %. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui potensi karbon yang ada pada limbah pemanenan kayu *Acacia crassiparva*. Limbah yang diukur massa karbonnya yaitu tunggak, cabang, sortimen dan batang atas.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian lapangan dilaksanakan di areal hutan tanaman rawa gambut IUPHHK-HT PT Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP) Wilayah Kabupaten Pelalawan, Propinsi Riau. Pengukuran kadar air, berat jenis, zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon vegetasi dilakukan di Laboratorium Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian

Bogor. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni sampai Nopember 2010.

Bahan dalam penelitian ini terdiri dari : pohon contoh dari tegakan *Acacia crassiparva* dan limbah tegakan (tunggak, cabang, sortimen dan batang atas). Alat yang digunakan terdiri dari : kompas, pita ukur, rollmeter, tali rafia, spidol permanen, cat warna kuning dan merah, timbangan besar kapasitas 25 - 100 kg, timbangan kecil 0,5 - 2 kg, *chainsaw*, label, kantong plastik ukuran 1 kg, terpal, tanur, ayakan dengan ukuran lubang 40-60 mesh, oven, kuas kawat, parang, cawan aluminium, alat tulis, kalkulator, perangkat lunak (software) Microsoft Word, Microsoft Excel dan SPSS 15.

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut : Melakukan pengumpulan data lapangan diawali survey potensi karbon pada areal tegakan sebelum pemanenan kayu dengan umur tegakan 2,3,4 dan 5 tahun masing-masing 3 ulangan petak ukur luasan 1 ha. Melakukan pengukuran diameter setinggi dada, tinggi pohon bebas cabang dan tinggi pohon total sedangkan pada areal umur 0 tahun (setelah pemanenan kayu) dilakukan pengukuran limbah, terdiri dari pengukuran diameter dan tinggi tunggak, sortimen, batang, dan cabang atas. Melakukan pengambilan sampel kayu dengan memotong bagian pohon, tunggak, cabang, sortimen dan batang atas, potongan melintang batang setebal ± 5 cm. Melakukan penimbangan berat basah cabang, ranting, akar dan daun pohon. Melakukan uji sampel di laboratorium. Prosedur pengujian bahan sampel dan pengolahan data menggunakan standar ASTM D 2395-97a (pengukuran berat jenis), ASTM D 4442-07 (pengukuran kadar air), ASTM D 5832-98 (pengukuran kadar zat terbang), ASTM D 2866-94 (pengukuran kadar abu) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 (Penentuan kadar karbon) dalam Elias dan Wistara (2009).

Persamaan alometrik yang dihasilkan merupakan persamaan yang menggambarkan hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel

terikat (*dependent variable*). Model yang digunakan untuk menyusun sebuah model penduga karbon menurut Brown, *et al*., 1989 dalam Yuniawati, 2011 adalah :

Model dengan satu peubah bebas

$$C = aD^b$$

Model dengan dua peubah bebas

$$a. C = aD^bHbc^c$$

$$b. C = aD^bHtot^c$$

Keterangan :

C = karbon (kg)

D = diameter setinggi dada (cm);

Hbc = tinggi pohon bebas cabang (m);

Htot = tinggi pohon total (m);

a,b,c = konstanta

Pengujian kecermatan hasil perhitungan terhadap persamaan alometrik digunakan pedoman berupa nilai simpangan baku (s), koefisien determinasi (R^2), dan koefisien determinasi yang disesuaikan (R^2 *adjusted*) dan PRESS (*Predicted residual sum of square*). Kriteria model yang baik adalah model yang memiliki nilai s terkecil, nilai R^2 dan R^2 *adjusted* yang terbesar dan PRES yang

paling kecil (Draper dan Smith, 1992 dalam Yuniawati, 2011).

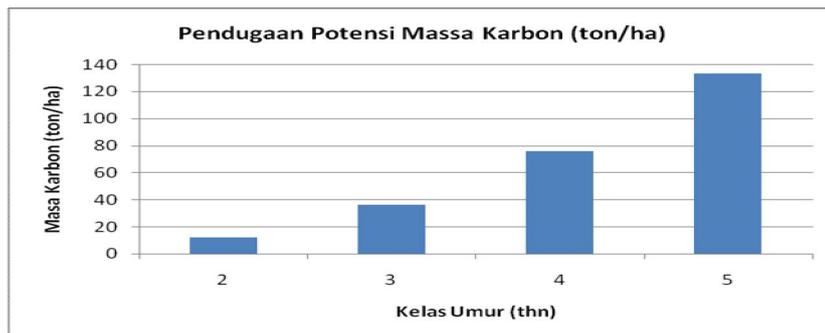
Untuk mengetahui perbedaan potensi karbon sebelum pemanenan kayu pada setiap kelas umur tegakan *A. Crassiparpa* dan setelah pemanenan kayu pada limbah pemanenan kayu di analisis menggunakan uji beda nilai tengah uji t menggunakan *software* SPSS 15.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pendugaan Potensi Massa Karbon Sebelum Pemanenan Kayu

Karbon merupakan suatu unsur yang diserap dari atmosfer melalui fotosintesis dan disimpan di dalam biomassa vegetasi. Tempat penyimpanan karbon dalam pohon terdapat dalam biomassa batang, cabang, ranting, daun, bunga, buah, dan akar.

Massa karbon pada setiap umur tanaman bervariasi. Variasi terjadi karena adanya perbedaan ukuran diameter. Massa karbon pada kelas umur 5 tahun lebih tinggi karena memiliki pohon berdiameter lebih besar dari pada kelas umur 2,3 dan 4 tahun.



Gambar 1. Pendugaan potensi massa karbon (ton/ha)

Figure 1. Estimation of the potential of carbon mass (tonnes / ha)

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa potensi massa karbon pada kelas umur 5 tahun lebih tinggi yaitu 133,10 ton/ha daripada kelas umur yang lain. Semakin tinggi umur tanaman maka massa karbon menjadi semakin tinggi. Tingginya massa karbon pada tegakan hutan meningkat pada setiap peningkatan umur tanaman, hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya umur tanaman maka pohon atau tanaman

menjadi lebih besar yang dihasilkan dari proses fotosintesis.

Model persamaan yang digunakan untuk menduga hubungan massa karbon dengan diameter, massa karbon dengan diameter dan tinggi total dan massa karbon dengan diameter dan tinggi bebas cabang dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengukuran berat kering contoh diperoleh bahwa untuk menduga hubungan antara massa karbon

dengan peubah bebas (diameter dengan tinggi total dan tinggi bebas cabang), model pendugaan bagian batang adalah $C = 0,065743D^{0,200}H_{tot}^{2,403}$, cabang adalah $C = 0,000644D^{7,877}H_{tot}^{-4,814}$, ranting adalah $C = 0,039478D^{1,946}$, akar adalah $C = 0,112D^{0,298}H_{tot}^{1,093}$, daun adalah $C = 0,041008D^{1,912}H_{bc}^{-0,062}$ dan model

seluruh bagian pohon contoh adalah $C = 0,131D^{1,246}H_{tot}^{1,175}$. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi yang disesuaikan ($R\text{-sq}(\text{adj})$) yang tinggi dan nilai $P < 0,05$ yang berarti bahwa peubah bebasnya dapat dikatakan berpengaruh nyata terhadap perubahan massa karbon pada taraf nyata 5%.

Tabel 1. Model pendugaan massa karbon terbaik dari pohon *A. crassicarpa*
Table 1. The best prediction model of carbon mass of tree *A. crassicarpa*

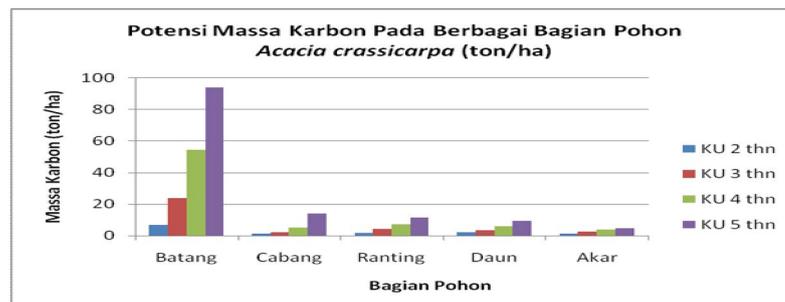
Bagian (<i>Piece</i>)	Model linier (<i>Linear model</i>)	R ²	R ² adjst	S	P
Batang (<i>Trunk</i>)	$C = 0,065743D^{0,200}H_{tot}^{2,403}$	0,99	0,99	0,12	0,00
Cabang (<i>Branch</i>)	$C = 0,000644D^{7,877}H_{tot}^{-4,814}$	0,94	0,94	0,31	0,00
Ranting (<i>Twig</i>)	$C = 0,039478D^{1,946}$	0,98	0,98	0,13	0,00
Akar (<i>Root</i>)	$C = 0,240749D^{0,298}H_{tot}^{1,093}$	0,99	0,98	0,097	0,00
Daun (<i>Leaf</i>)	$C = 0,041008D^{1,912}H_{bc}^{-0,062}$	0,99	0,99	0,093	0,00
Total (<i>Total</i>)	$C = 0,131D^{1,246}H_{tot}^{1,175}$	0,99	0,99	0,062	0,00

Dari model pendugaan potensi massa karbon terpilih, maka dapat dihitung pendugaan potensi massa karbon tegakan *A. crassicarpa* (ton/ha) yang disajikan gambar 2

Tabel 2 Pendugaan potensi massa karbon (ton/ha) *A. crassicarpa*
Table 2 Estimation of the potential of carbon mass (t / ha) *A. crassicarpa*

Kelas Umur (<i>Age classes</i>) Thn, (<i>Year</i>)	Jumlah Pohon (<i>Number of trees</i>) (N/ha)	Massa Karbon (<i>Carbon mass</i>)		
		kg/pohon	kg/ha	ton/ha
2	1043	11,59	12.085,24	12,09
3	905	40,03	36.228,06	36,22
4	820	92,79	76.086,16	76,09
5	745	178,66	133.100,96	133,10

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa potensi massa karbon pada bagian batang (kelas umur 5 tahun) memiliki massa karbon yang tinggi yaitu 94,05 ton/ha. Tingginya potensi massa karbon pada bagian batang erat kaitannya dengan tingginya biomassa bagian batang jika dibanding dengan bagian pohon lain. Peningkatan ini seiring dengan besarnya biomassa tegakan yang berarti secara tidak langsung semua faktor yang mempengaruhi biomassa akan berpengaruh pula terhadap massa karbon. Semakin besar biomassa maka semakin besar pula massa karbon



Gambar 2. Potensi massa karbon pada berbagai bagian pohon *A. crassicarpa* (ton/ha)
Figure 2. The potential of carbon mass in various parts of the tree *A. crassicarpa* (tonnes / ha)

Di samping itu menurut Hilmi (2003) tingginya massa karbon pada bagian batang disebabkan karena unsur karbon merupakan bahan organik penyusun dinding sel batang. Kayu secara umum tersusun oleh selulosa, hemiselulosa, lignin dan bahan ekstraktif yang sebagian besar disusun dari unsur karbon. Makin besar diameter pohon pada kelas umur 5 tahun diduga memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lain lebih besar.

Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan bahwa potensi massa karbon dapat dilihat dari biomasnya tegakan yang ada. Besarnya massa karbon tiap bagian pohon dipengaruhi oleh massa biomassa vegetasi. Oleh karena itu setiap peningkatan terhadap biomassa akan diikuti oleh peningkatan massa karbon. Hal ini menunjukkan besarnya biomassa berpengaruh terhadap massa karbon. Besarnya potensi massa karbon sangat dipengaruhi diameter pohon. Hasil uji t-student massa karbon pada bagian pohon disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji t-student massa karbon pada bagian pohon

Table 3. T-student test results on the tree carbon mass

Bagian pohon (<i>tree piece</i>)	Cabang (<i>branch</i>)	Ranting (<i>twig</i>)	Daun (<i>leaf</i>)	Akar (<i>root</i>)
Batang (<i>Trunk</i>)	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Cabang (<i>Branch</i>)		0,155 ^{tn}	0,025*	0,000**
Ranting (<i>Twig</i>)			0,197 ^{tn}	0,000**
Daun (<i>Leaf</i>)				0,000**

Keterangan :

** = Berbeda Sangat Nyata ($p < 0,01$) pada selang kepercayaan 95%

* = Berbeda Nyata ($p < 0,01-0,05$) pada selang kepercayaan 95%

tn = Tidak Berbeda Nyata ($p > 0,05$) pada selang kepercayaan 95%

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa massa karbon bagian batang memiliki perbedaan sangat nyata terhadap bagian pohon lain. Hal ini disebabkan karena batang memiliki massa karbon lebih tinggi daripada bagian pohon lain. Batang memiliki zat penyusun kayu lebih banyak sehingga menyebabkan bagian rongga sel pada batang lebih banyak terisi oleh komponen penyusun kayu. Massa karbon cabang tidak beda nyata terhadap ranting, hal ini disebabkan karena pada

kelas umur 2 tahun tidak semua pohon memiliki cabang sehingga mempengaruhi perhitungan massa karbon. Massa karbon ranting tidak berbeda nyata dengan massa karbon daun, hal ini disebabkan karena pada pohon dengan umur masih muda memiliki jumlah ranting tidak banyak, sehingga berat basah yang dihasilkan dari timbangan di lapangan termasuk ringan atau mendekati berat basah daun yang masih muda. Hasil uji t-student massa karbon pada masing masing kelas umur disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji t-student massa karbon pada masing-masing kelas umur

Table 4. T-student test results of carbon mass in each age class

Kelas umur (<i>Age class</i>) Tahun, (<i>year</i>)	3	4	5	0
2	0,069 ^{tn}	0,003**	0,000**	
3		0,172 ^{tn}	0,020*	
4			0,139 ^{tn}	
5				0,001**

Keterangan :

** = Berbeda Sangat Nyata ($p < 0,01$) pada selang kepercayaan 95%

* = Berbeda Nyata ($p < 0,01-0,05$) pada selang kepercayaan 95%

tn = Tidak Berbeda Nyata ($p > 0,05$) pada selang kepercayaan 95%

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa massa karbon pada masing-masing kelas umur memiliki perbedaan nyata dan sangat nyata, kecuali pada kelas umur 2 dengan 3 tahun. Hal ini disebabkan kondisi pohon pada umur 2 tahun tersebut memiliki ranting dan daun yang sedikit sehingga hasil timbangan yang diperoleh juga sedikit disamping itu tidak semua pohon umur 2 tahun memiliki cabang. Akibat kondisi tersebut dalam perhitungan massa karbon memiliki perbedaan tidak nyata. Perbedaan sangat nyata massa karbon terdapat pada kelas umur 2 tahun dengan 5 tahun. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan diameter. Pada pohon umur 5 tahun memiliki ukuran diameter lebih besar daripada umur pohon 2 tahun. Diameter pohon yang besar menunjukkan adanya penambahan biomassa. Dengan bertambahnya umur tegakan maka diameter pada tegakan tersebut akan besar sehingga biomassa juga besar. Semakin besar biomassa maka massa karbon akan semakin besar.

Potensi massa karbon dari hasil penelitian ini lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil penelitian yang lain. Hasil penelitian Adiriono (2009) menunjukkan bahwa potensi massa karbon tegakan *A. crassicaarpa* kelas umur 1,2,3,4,5,6,7 dan 8 tahun di HTI PT SBA Wood Based Industries Sumatera Selatan berturut-turut adalah 7,67 ton/ha, 21,71 ton/ha, 34,53 ton/ha, 46,25 ton/ha, 55,47 ton/ha, 71,54 ton/ha, 63,08 ton/ha dan 64,88 ton/ha.

Sedangkan hasil penelitian Limbong (2009) menunjukkan bahwa potensi massa karbon tegakan *A. crassicaarpa* kelas umur 2,4 dan 6 tahun di HTI PT SBA Wood Based Industries Sumatera Selatan berturut-turut adalah 23,59 ton/ha, 21,10 ton/ha dan 28,39 ton/ha. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh kerapatan tegakan, kesuburan lahan dan kondisi tanah.

3.2 Pendugaan Potensi Massa Karbon Setelah Pemanenan Kayu/Limbah

Model persamaan yang digunakan untuk menduga hubungan massa karbon limbah dengan diameter, massa karbon limbah dengan diameter dan tinggi total dan massa karbon limbah dengan diameter dan tinggi bebas cabang dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai koefisien determinasi yang disesuaikan (R^2 (adj)) yang tinggi dan nilai $P < 0,05$ yang berarti bahwa peubah bebasnya dapat dikatakan berpengaruh nyata terhadap massa karbon limbah pada taraf nyata 5%. Sedangkan untuk nilai $P > 0,05$ berarti bahwa peubah bebas dapat dikatakan tidak berpengaruh nyata terhadap massa karbon limbah pada taraf nyata 5%.

Tabel 5. Model penduga potensi massa karbon limbah
Table 5. Models estimate the potential mass of waste carbon

Bagian Limbah (Waste of piece)	Model linier (Linear model)	R ²	R ² adjst	S	P
Tunggak (Stump)	$C = 0,000141D^{3,084}$ $C = 0,000196D^{3,459}H_{tot}$	0,91 0,91	0,90 0,89	0,082 0,087	0,00 0,00
Cabang (Branch)	$C = 1,26979E-10D^{6,908}$ $C = 1,15173E-09D^{9,412}H_{tot}^{3,421}$	0,50 0,52	0,43 0,36	0,59 0,62	0,03 0,11
Sortimen (Sortimen)	$C = 1,13411E-10D^{6,645}$ $C = 1,69557E-12D^{1,872}H_{tot}^{6,519}$	0,49 0,56	0,42 0,41	0,57 0,58	0,04 0,09
Batang Atas (Upper trunk)	$C = 2,01512E-08D^{4,767}$ $C = 7,0405E-08D^{6,188}H_{tot}^{1,941}$	0,62 0,64	0,57 0,52	0,32 0,33	0,01 0,05
Total (Total)	$C = 4,20353E-05D^{3,540}$ $C = 4,64562E-05D^{3,654}H_{tot}^{0,156}$	0,98 0,98	0,98 0,97	0,44 0,047	0,00 0,00

Tabel 6. Model pendugaan massa karbon terbaik
Table 6. The best prediction model of carbon mass

Bagian (<i>Piece</i>)	Model linier (<i>Linear Model</i>)	R ²	R ² adjst	S	P
Tunggak (<i>Stump</i>)	$C = 0,000141D^{3,084}$	0,91	0,90	0,082	0,00
Cabang (<i>Branch</i>)	$C = 1,26979E-10D^{6,908}$	0,50	0,43	0,59	0,03
Sortimen (<i>Sortimen</i>)	$C = 1,13411E-10D^{6,645}$	0,49	0,42	0,57	0,04
Batang Atas (<i>Upper trunk</i>)	$C = 2,01512E-08D^{4,767}$	0,62	0,57	0,32	0,01
Total (<i>Total</i>)	$C = 4,20353E-05D^{3,540}$	0,98	0,98	0,44	0,00

Tabel 7. Pendugaan potensi massa karbon limbah (ton/ha)
Table 7. Estimation of the potential of carbon mass of waste (tonnes / ha)

Kelas umur (<i>Age class</i>)	Petak (<i>Plot</i>)	Jumlah pohon (<i>Number of tree</i>) (phn/ha)	Tunggak (<i>Stump</i>) (ton/ha)	Cabang (<i>Branch</i>) (ton/ha)	Sortimen (<i>Sortimen</i>) (ton/ha)	Batang atas (<i>Upper trunk</i>) (ton/ha)	Total (<i>Total</i>) (ton/ha)
0	I	692	3,97	0,35	0,14	0,089	4,65
	II	803	3,13	0,39	0,15	0,082	3,83
	III	741	5,04	0,72	0,28	0,14	6,20
Rata-Rata (<i>Average</i>)		745	4,05	0,49	0,19	0,10	4,89

Dari Tabel 7 menunjukkan bahwa potensi massa karbon limbah (ton/ha) tunggak lebih tinggi dari limbah yang lain. Hal ini disebabkan rata-rata volume limbah tunggak lebih tinggi daripada volume yang lain yaitu 15,18 m³/ha.. Rata-rata volume dapat mempengaruhi besarnya massa karbon karena rumus massa karbon yaitu perkalian antara biomassa dengan kadar karbon. Untuk mencari biomassa dibutuhkan volume. Oleh karena itu jika volume besar maka biomassa menjadi besar sehingga massa karbon juga besar. Kisaran total massa karbon limbah antara 3,83 ton/ha - 6,20 ton/ha dengan rata-rata 4,89 ton/ha atau terjadi penurunan potensi karbon sebesar 2,62% dari total massa karbon

sebelum pemanenan kayu. Penurunan potensi karbon tersebut disebabkan karena limbah kayu hasil pemanenan hanya dibiarkan begitu saja membusuk di dalam hutan dan tidak dimanfaatkan lebih lanjut menjadi suatu produk olahan industri kayu. Diperlukan upaya pengolahan limbah kayu lebih lanjut sehingga potensi karbon yang ada di dalam limbah kayu tersebut tidak menjadi emisi karbon akibat pembusukan atau dekomposisi. Semakin banyak limbah kayu yang ditinggalkan atau dibiarkan di dalam hutan maka semakin banyak menyumbang emisi karbon ke atmosfer, hal tersebut merupakan penurunan potensi karbon di dalam limbah kayu.

3.3 Potensi Volume Limbah

Tabel 8. Volume (m³/ha) limbah berdasarkan sumber dan asal tegakan *Acacia Crassicarpa*
Table 8. Volume (m³/ha) based on the source and origin of waste *Acacia crassicarpa* stands

Petak (Plot)	Volume pohon sebelum pemanenan (<i>The volume of the tree before harvesting</i>)			Volume limbah (<i>Volume of waste</i>) (m ³ /ha)				Total (Total) (m ³ /ha)
	N/ha	m ³ /pohon	m ³ /ha	Tunggak (<i>Stump</i>)	Sortimen (<i>Sortimen</i>)	Cabang (<i>Branch</i>)	Batang atas (<i>Upper trunk</i>)	
I	692	0,25	173,69	16,82	0,75	2,94	0,59	21,10
II	803	0,32	256,16	12,05	0,74	3,73	0,47	16,99
III	741	0,37	271,21	16,67	1,28	3,76	0,77	22,48
Rata-rata (<i>Average</i>)	745	0,31	233,69	15,18	0,93	3,48	0,61	20,19

Pada Tabel 8 disajikan volume limbah berdasarkan sumber dan asalnya, pada petak I dari 692 pohon yang ditebang volume kayu sebelum pemanenan 173,69 m³/ha, diperoleh 16,82 m³/ha limbah tunggak, 0,75 m³/ha limbah sortimen, 2,94 m³/ha limbah cabang, 0,59 m³/ha limbah batang atas dan total limbah pada petak I adalah 21,10 m³/ha.

Pada petak II dari 803 pohon yang ditebang dengan volume 256,16 m³/ha diperoleh 12,05 m³/ha volume limbah tunggak, 0,74 m³/ha volume limbah sortimen, 3,73 m³/ha volume limbah cabang, 0,47 m³/ha volume limbah batang atas dan 16,99 m³/ha untuk total volume limbah.

Pada Petak III dari 741 pohon yang ditebang dengan volume 271,21 m³/ha diperoleh volume limbah tunggak sebesar 16,67 m³/ha, volume limbah sortimen 1,28 m³/ha, volume limbah cabang 3,76 m³/ha, volume limbah batang atas 0,77 m³/ha dan volume limbah total 22,48 m³/ha.

Dari tiga petak ukur penelitian tersebut diperoleh total volume limbah tertinggi pada petak III, hal ini disebabkan volume untuk limbah sortimen, cabang dan batang lebih tinggi. Tingginya volume tersebut disebabkan operator chainsaw tidak memiliki keterampilan saat menebang sehingga dihasilkan volume limbah sortimen, cabang dan batang atas yang tinggi.

Tabel 9. Persentase volume limbah (%) / ha terhadap volume sebelum pemanenan
Table 9. Percentage of waste volume (%) / ha to the volume before harvesting

Petak (Plot)	Volume pohon sebelum pemanenan (<i>The volume of the tree before harvesting</i>)			Volume limbah (<i>Volume of waste</i>) (%)				Total (Total)
	N/ha	m ³ /phn	m ³ /ha	Tunggak (<i>Stump</i>)	Sortimen (<i>Sortimen</i>)	Cabang (<i>Branch</i>)	Batang atas (<i>Upper trunk</i>)	
I	692	0,25	173,69	9,68	0,43	1,69	0,33	12,13
II	803	0,32	256,15	4,70	0,29	1,46	0,18	6,63
III	741	0,37	271,20	6,14	0,47	1,39	0,28	8,29
Rata-Rata (<i>Average</i>)	745	0,31	233,69	6,84	0,39	1,51	0,27	9,02

Pada Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan bahwa rata-rata volume limbah tunggak lebih tinggi daripada volume limbah lain yaitu sebesar 15,18 m³/ha (6,84%) dengan rata-rata total

volume limbah keseluruhan pada areal penelitian adalah sebesar 20,19 m³/ha (9,02%). Hal ini disebabkan karena rata-rata tingginya tunggak yang ditinggalkan diatas 5 cm. Tingginya tunggak yang

dihasilkan pada saat penelitian dikarenakan kurang terampilnya operator *chainsaw*. Keterampilan operator dapat mempengaruhi terhadap tinggi tunggak yang dihasilkan. Tunggak berada pada bagian bawah pohon yang berada di bawah takik rebah dan takik balas. Penebang lebih memilih membuat takik balas yang tinggi untuk kenyamanan pada saat menebang.

IV. KESIMPULAN

Rata-rata potensi massa karbon limbah kayu berupa tunggak lebih tinggi daripada jenis limbah kayu lainnya (cabang, sortimen dan batang atas). Tingginya potensi massa karbon tunggak tersebut dikarenakan volume kayu pada tunggak lebih tinggi, hal tersebut diakibatkan oleh masih tingginya tunggak yang dihasilkan oleh operator *chainsaw*. Pemanfaatan limbah kayu akibat pemanenan kayu selama ini belum optimal. Semakin banyak limbah kayu yang ditinggalkan atau tidak dimanfaatkan dan dibiarkan membusuk di dalam hutan maka semakin besar emisi karbon yang dihasilkan dari proses pembusukan limbah kayu tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society For Testing Material. 1990a. ASTM D 5832-98. Standard Test Method For Volatile Matter Content of Active Carbon. Philadelphia.
- [ASTM] American Society For Testing Material. 1990b. ASTM D 2866-94. Standard Test Method For Total Ash Content of Activated Carbon. Philadelphia.
- Adiriono, T. 2009. Pengukuran kandungan karbon (*Carbon stock*) dengan metode karbonisasi pada hutan tanaman jenis *Acacia crassiparva* (Studi kasus di HTI PT Sebangun Bumi Andalas Wood Based Industries). [Tesis]. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Tidak diterbitkan.
- Elias, dan Wistara, N.J. 2009. Studi metode estimasi massa karbon pohon jeunjing (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) di hutan rakyat. Jurnal Management Hutan Tropika. *J of Tropical Forest Management* 10(2):1-23. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. Petunjuk praktis pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia Regional Office. Bogor.
- Hendroyono, B. 2014. Produksi kayu HTI ditargetkan 360 juta m³/tahun. Sindonews.com. <http://ekbis.sindonews.com/read/2013/04/15/34/738345/produksi-kayu-hti-ditargetkan-360-juta-m3-tahun>. di akses 11 Maret 2014.
- Hilmi, E. 2003. Model pendugaan kandungan karbon pada pohon kelompok jenis *Rhizophora* spp. *Bruguiera* spp dalam tegakan hutan mangrove di Indragiri Hilir Riau. [Disertasi]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Limbong, H.D.H. 2009. Potensi karbon tegakan *Acacia crassiparva* pada lahan gambut bekas terbakar (Studi Kasus IUPHHK-HT PT. SBA Wood Industries, Sumatera Selatan). [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Rahayu, S., Lusian, a B, Van Noordwijk, M. 2005. Aboveground carbon stock assessment for various land use systems in Nunukan, East Kalimantan. Pp 21-34 In Carbon Stock Monitoring in Nunukan, East Kalimantan: A Spatial and Modelling Approach. World Agroforestry Centre (ICRAF) SE Asia. Bogor.

- Suparna, N. 2014. Produksi kayu turun karena banyak HPH tidak aktif. *Bisnis.com*.
<http://industri.bisnis.com/read/20130718/99/151718/produksi-kayu-turun-karena-banyak-hph-tak-aktif>. di akses 11 Maret 2014.
- Yuniawati, 2011. Pendugaan potensi massa karbon dalam hutan tanaman kayu serat di lahan gambut. [Tesis]. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan
- Yuniawati, 2013. Pengaruh pemanenan kayu terhadap potensi karbon tumbuhan bawah dan serasah di lahan gambut. *Jurnal Hutan tropis* 1(1):24-31. Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan.