

PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN MERANTI (*Shorea leprosula*) DI HUTAN ALAM PADA AREA SILIN PT INHUTANI II PULAU LAUT KALIMANTAN SELATAN

Carbon Stock Estimation of Meranti (Shorea leprosula) Stand in Natural Forest on Intensive Silviculture Area PT Inhutani II Pulau Laut South Kalimantan

Lia Yunita

Balai Pemantauan Pemanfaatan Hutan Produksi Wilayah XI Banjarbaru

ABSTRACT. *The research objectives were to analyzed/ estimated the carbon stock in the different age of S.leprosula stand and increased of carbon stock along with the stand age increased, to analyzed CO₂ absorption inside meranti stand. on intensive silviculture area. This result of research showed that total carbon stock were produced from S. leprosula stand with 0,067(D)^{2,859}, at the age of 6, 8 and 10 years old each were 7,63 ton/ha, 47,10 ton/ha and 74,89 ton/ha. The tendency explained that the total carbon stock were increased along with the age increment. Its average was 16,82 ton/ha/year. That estimated showed that Meranti forest at 6, 8 and 10 years old could adsorb CO₂ each 28,01 ton/ha, 172,83 ton/ha and 274,86 ton/ha.*

Key words: carbon stock, *Shorea leprosula*, intensive silviculture.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya cadangan karbon yang tersimpan pada tegakan meranti yang berbeda umurnya dan besarnya peningkatan cadangan karbon dengan adanya penambahan umur tegakan meranti, banyaknya CO₂ yang terserap oleh tegakan meranti di hutan alam pada area silin. Pengukuran biomassa pohon *Shorea leprosula* dilakukan melalui pengukuran diameter pada tegakan yang berumur 6, 8 dan 10 tahun lalu dikonversikan dengan memakai alometrik 0,067(D)^{2,859}. Hasil penelitian menunjukkan cadangan karbon total yang dihasilkan dari tegakan *Shorea leprosula* dengan menggunakan alometrik 0,067 (D)^{2,859}, diperoleh pada tegakan meranti umur 6, 8 dan 10 tahun masing-masing sebesar 7,63 ton/ha, 47,10 ton/ha dan 74,89 ton/ha. Kecenderungannya cadangan karbon total meningkat seiring bertambahnya umur. Peningkatan cadangan karbon yang didapatkan dengan adanya penambahan umur tegakan meranti rata-rata sebesar 16,82 ton/ha per tahun. Hutan meranti berumur 6, 8 dan 10 tahun diduga dapat menyerap gas CO₂ berturut-turut sebanyak 28,01 ton/ha, 172,83 ton/ha dan 274,86 ton/ha.

Kata Kunci: karbon tersimpan, *Shorea leprosula*, silvikultur intensif

Penulis untuk korespondensi, surel: liayunita@gmail.com

PENDAHULUAN

Dampak penyusutan hutan tropis dan polusi emisi industri di negara maju terhadap kerusakan lingkungan global dapat menyebabkan terjadinya

pemanasan global dan perubahan iklim. Biomassa pohon dan vegetasi hutan berisi cadangan karbon yang sangat besar, yang dapat menjaga dan memberikan keseimbangan siklus karbon di bumi (Elias, 2009).

Schlamadinger & Marland (1998) yang dikutip oleh Hilmi (2003) mengemukakan bahwa vegetasi dapat memberikan potensi serasah batang, serasah cabang, akar kasar dan halus. Proses humifikasi ke tanah dari potensi tersebut dapat mengeluarkan karbon ke udara, selain pengeluaran langsung ke udara melalui penggunaan bahan bakar kayu.

Nugroho *et al.* (2012) menyatakan bahwa dalam rangka mengurangi dampak perubahan iklim, Indonesia dapat meningkatkan stok karbon pada skim REDD+ (*Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation Plus*) melalui *sustainable forest management* atau SFM, dengan cara: (1) penurunan emisi karbon dari deforestasi (pada konversi hutan), (2) penurunan emisi dari degradasi hutan (pada praktek pengelolaan hutan lestari), (3) penahanan emisi/stok karbon (pada hutan konservasi), dan (4) peningkatan stok karbon (pada kegiatan reforestasi dan restorasi ekosistem).

Salah satu peranan hutan sebagai fungsi perlindungan dalam konteks perubahan iklim adalah sebagai penyimpan karbon/rosot karbon (*carbon sink*) yaitu vegetasi hidup di dalam hutan melalui proses fotosintesis mampu menyerap gas CO₂ dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Di samping pengendalian terhadap laju deforestasi, upaya mitigasi perubahan iklim dilakukan untuk mengedepankan fungsi hutan sebagai *carbon sink*, yaitu meningkatkan produktivitas kemampuan hutan dalam mereduksi emisi CO₂ di atmosfer dan menyimpannya sebagai cadangan karbon (*carbon stock*).

Kementerian Kehutanan dengan pendekatan prinsip PHPL melakukan uji coba pembangunan model pengelolaan hutan produksi pada areal bekas tebangan melalui proyek Pembangunan Model Unit Manajemen Hutan Meranti (PMUMHM) pada 4 (empat) lokasi, yaitu PT Inhutani IV (Sumatera Barat), PT Inhutani II (Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan) dan PT ITCI Kartika Utama (Kalimantan Timur). Proyek Pembangunan Model Unit Manajemen Hutan Meranti (PMUMHM) di empat provinsi tersebut mewakili karakteristik hutan berbeda, yaitu Sumatera Barat (lahan pegunungan),

Kalimantan Barat (lahan gambut), Kalimantan Timur (lahan bekas kebakaran) dan Kalimantan Selatan (lahan dataran rendah). Kegiatan yang dilaksanakan pada model ini meliputi penerapan sistem silvikultur intensif (TPTI Intensif) atau yang lebih dikenal dengan SILIN, yang lebih mengutamakan kegiatan pemeliharaan intensif terhadap tegakan yang diharapkan dapat meningkatkan produktivitas hutan.

SILIN merupakan sebuah teknik silvikultur yang bertujuan meningkatkan produktivitas lahan yang tercermin dari peningkatan riap dan potensi tegakan, menjaga keseimbangan ekologi dengan mempertahankan keanekaragaman hayati serta memberikan jaminan kepastian hukum dan keamanan berusaha melalui pengakuan tenurial dari berbagai pihak. Sementara secara teknis, SILIN adalah teknik silvikultur yang berusaha memadukan tiga elemen utama silvikultur, yaitu (1) pembangunan hutan tanaman dengan jenis terpilih dan kemudian melakukan pemuliaan jenis, (2) elemen manipulasi lingkungan bagi optimalisasi pertumbuhan, dan (3) elemen pengendalian hama terpadu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis (1) besarnya cadangan karbon yang tersimpan pada tegakan meranti yang berbeda umurnya dan menganalisis besarnya peningkatan cadangan karbon dengan adanya pertambahan umur tegakan meranti, dan (2) banyaknya CO₂ yang terserap oleh tegakan meranti di hutan alam pada area silin.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lokasi PMUMHM PT Inhutani II Pulau Laut Provinsi Kalimantan Selatan. Obyek penelitian ini adalah Biomassa, dan Nekromassa. Biomassa yaitu pohon/tiang/pancang dan tumbuhan bawah/semak. Pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan cara tidak merusak pohon (*non destructive*). Sementara untuk tumbuhan bawah/semak perlu dilakukan metode pengrusakan. Bahan Organik Mati atau Nekromassa, dibagi menjadi dua kelompok yaitu nekromassa berkayu (kayu mati), dan nekromassa tidak berkayu, yaitu: Semua biomassa mati dengan ukuran >2mm dan diameter kurang dari sama dengan 10 cm, rebah

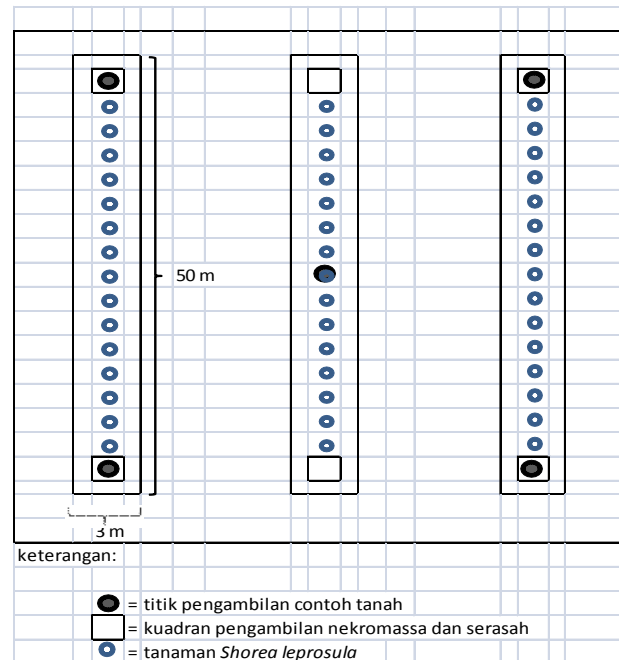
dalam berbagai tingkat dekomposisi. Bahan organik tanah (sisa makhluk hidup yang telah mengalami pelapukan), yaitu: semua bahan organik tanah dalam kedalaman tertentu (30 cm untuk tanah mineral). Termasuk akar dan serasah halus dengan diameter kurang dari 2 mm, karena sulit dibedakan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*) untuk merekam posisi geografi plot contoh, kompas untuk menentukan arah plot contoh, Tali rafia untuk membatasi plot ukur, Pita ukur (meteran) untuk mengukur diameter batang pohon, Alat tulis menulis untuk mencatat data di lapangan, Kuadran yang terbuat dari kayu, berukuran 0,5 x 0,5 m untuk pemagaran plot ukur pengambilan sampel biomassa tumbuhan bawah/semak dan nekromassa, Parang/gunting tanaman untuk mengambil sampel biomassa tumbuhan bawah, Pipa besi berdiameter 5 cm untuk mengambil sampel tanah dengan kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm, Kantong plastik untuk menyimpan sampel biomassa tumbuhan bawah, nekromassa dan bahan organik tanah, Kertas label untuk menandai sampel, Kamera digital untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian, Timbangan dan timbangan digital, Oven listrik untuk mengeringkan sampel uji biomassa.

Penentuan lokasi petak penelitian ditentukan berdasarkan tahun tanam meranti merah, yaitu tahun tanam 2007, 2005 dan 2003. Masing-masing petak diambil 3 jalur yang mendapat perlakuan silvikultur intensif untuk dibuat plot ukur. Pembuatan plot berukuran 3 x 50 m searah jalur untuk mengukur diameter pohon/tiang/pancang. Untuk mengambil sampel nekromassa dan serasah dilakukan didalam kuadran berukuran 0,5 x 0,5 m pada plot yang telah ditentukan pada masing-masing jalur seperti pada Gambar 4. Sampel tanah diambil per kedalaman pada lima titik pada setiap petak.

Dalam penelitian ini diperoleh 14 pohon untuk setiap plot, atau 42 pohon setiap petak. Dengan diambilnya 3 petak (tahun tanam 2007, 2005 dan 2003), keseluruhannya berjumlah 126 pohon. Sedangkan untuk sampel tanah diperoleh 5 titik setiap petak dengan 4 kedalaman yang

dikompositkan atau sebanyak 4 sampel setiap petak, sehingga keseluruhannya berjumlah 12 sampel tanah. Sampel nekromassa dan serasah diambil pada kedua ujung plot setiap jalur, sehingga keseluruhannya berjumlah 18 plot untuk sampel nekromassa dan serasah.



Gambar 1. Pengambilan sampel pada tahun tanam yang sama

Untuk menghitung dan menganalisis biomassa pohon, nekromassa, dan bahan organik tanah mengacu pada SNI 7724 Tahun 2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cadangan Karbon yang Tersimpan pada Tegakan *Shorea leprosula* Berbeda Umur

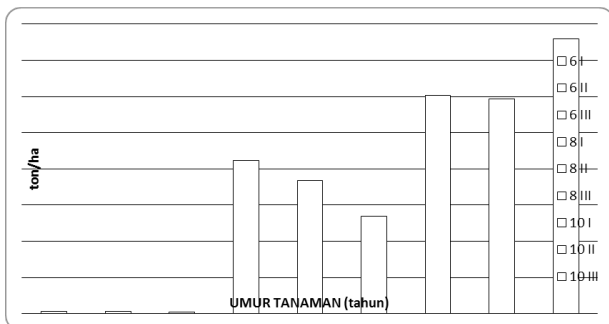
Karbon pohon

Karbon pohon merupakan salah satu sumber karbon yang sangat penting pada ekosistem hutan, karena sebagian besar karbon hutan berasal dari biomassa pohon. Pohon merupakan proporsi terbesar penyimpanan C di daratan. Pengukuran biomassa pohon pada penelitian ini dilakukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan menggunakan persamaan alometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang. Untuk meningkatkan ketelitian, alometrik lokal dapat

dikembangkan berdasarkan kondisi tapak maupun jenis atau kelompok jenis (Basuki, *et al.*, 2009).

Persamaan alometrik dari hubungan antara diameter (D) dengan biomassa total organ pohon jenis *Shorea leprosula* yang digunakan yaitu $0,067 (D)^{2,859}$ dengan *coefficient correlation* (R^2) adalah 0,997 dan *standard error of the estimate* (SE) adalah 0,109 ((Hardjana, 2011). Persamaan alometrik ini digunakan karena kondisi tapak di Kalimantan Timur yaitu pada areal PMUMHM di PT ITCIKU serupa dengan kondisi tapak pada areal PMUMHM di PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan dan mempunyai nilai koefisien determinasi terkoreksi (*adjusted R²*) tertinggi dibandingkan alometrik lainnya, yaitu sebesar 0,997, artinya 99,7% kandungan biomassa total organ pohon *Shorea leprosula* sangat dipengaruhi oleh variabel diameter, sedangkan sisanya oleh faktor lainnya. Hal tersebut disebabkan pertumbuhan pohon searah lateral (pertambahan diameter) akan sekaligus diiringi dengan peningkatan parameter pertumbuhan lainnya (tinggi dan volume pohon) sehingga meningkatkan jumlah kandungan biomassa pohon.

Berdasarkan hasil penelitian pada plot berukuran 3 x 50 m untuk tiap jalur, diperoleh data besarnya biomassa dan karbon dengan memakai alometrik Hardjana (2011) seperti pada Gambar 2.



Keterangan:

- I = jalur 1
- II = jalur 2
- III = jalur 3

Gambar 2. Dugaan cadangan karbon pada tegakan *Shorea leprosula* berdasarkan alometrik Hardjana (2011).

Gambar 2 menunjukkan bahwa cadangan karbon meranti pada umur 6, 8 dan 10 tahun berturut-turut meningkat nilainya. Pada tegakan meranti umur 6

tahun sebesar 0,54 ton/ha, pada tegakan meranti umur 8 tahun diperoleh simpanan karbon sebesar 35,32 ton/ha, dan pada tegakan meranti umur 10 tahun diperoleh simpanan karbon sebesar 65,21 ton/ha.

Hal ini sesuai dengan peningkatan biomassa yang berkaitan erat dengan proses fotosintesis pada tanaman, yaitu biomassa dan karbon semakin bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik sebagai hasil fotosintesis yang digunakan tanaman untuk melakukan pertumbuhan, baik secara horizontal maupun vertikal. Fink (1969) yang dikutip oleh Pretzsch (2009) menyatakan biomassa organik pada vegetasi hutan terdiri dari 90-95% unsur C, H, O dengan proporsi 44-59% C, 42-46% O dan 5-7% H, yang jumlahnya pada tiap organ meningkat seiring laju pertumbuhannya.

Husch *et al.* yang dikutip oleh Kamalludin (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan pohon dipengaruhi oleh kemampuan genetik dari individu yang berinteraksi dengan lingkungan. Pengaruh lingkungan meliputi: faktor tanah (sifat fisik kimia tanah, kelembaban dan mikroorganisme); faktor iklim (suhu udara, curah hujan, angin dan sinar matahari); topografi (kelerengan, ketinggian) serta kompetisi (pengaruh individu pohon lain, pengaruh jenis tanaman lain dan binatang).

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pertumbuhan *Shorea leprosula* yang tidak sesuai harapan disebabkan kurang terbukanya naungan di wilayah jalur tanam serta banyak terdapat tanaman pengganggu di sekitar tanaman.

Pembukaan naungan yang kurang pada jalur tanam menyebabkan terbatasnya cahaya yang masuk ke dalam jalur tanam sehingga kebutuhan tanaman *S. leprosula* terhadap intensitas cahaya yang cukup tidak terpenuhi. Menurut Mok (1993) yang dikutip oleh Kamalludin (2012), jenis *S. leprosula* merupakan jenis yang membutuhkan setengah naungan pada waktu muda dan selanjutnya membutuhkan cahaya penuh untuk pertumbuhannya. Priadjati (2003) dalam Kamalludin (2012) juga menyatakan bahwa *S. leprosula* merupakan jenis yang memerlukan cahaya pada awal pertumbuhannya 60-70% (intensitas

cahaya relatif) untuk semai dan 74-100% untuk tingkat pancang. Kurangnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam jalur tanam dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman *S. leprosula*.

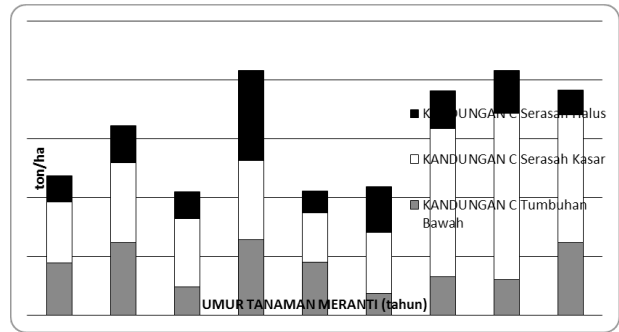
Kepadatan populasi tanaman pengganggu atau gulma juga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman karena disamping meningkatkan persaingan dalam perebutan unsur hara juga dapat mengganggu tanaman. Penyiangan secara teratur perlu dilakukan terhadap gulma yang mengganggu pertumbuhan tanaman seperti alang-alang, rumput, semak dan liana sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Menurut Kosasih dkk (2002) yang dikutip oleh Kamalludin (2012), penyiangan tanaman merupakan kegiatan pengendalian gulma agar tidak mengganggu pertumbuhan tanaman. Penyiangan dapat dilakukan secara manual dengan membersihkan gulma dengan cangkul atau parang. Penyiangan gulma juga dapat dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan herbisida.

Kegiatan penyiangan sebaiknya dilakukan dengan frekuensi 3-4 bulan sekali dalam setahun untuk tanaman umur kurang dari 2 tahun, frekuensi 6-12 bulan sekali untuk tanaman umur lebih dari 2 tahun hingga tampak ada kepastian bahwa tanaman tidak akan terkalahkan dalam bersaing dengan gulma (Indriyanto, 2008 yang dikutip oleh Kamalludin, 2012).

Karbon tumbuhan bawah, serasah kasar dan serasah halus

Pendugaan cadangan karbon pada tumbuhan bawah, serasah kasar dan serasah halus didapatkan dari hasil perhitungan biomassa yang terkandung dikalikan dengan kadar karbon masing-masing yang diperoleh dari pengambilan sampel pada plot berukuran 0,5 x 0,5 m pada kedua ujung setiap jalur. Hasil pendugaan cadangan karbon pada tumbuhan bawah, serasah kasar dan serasah halus dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa meningkatnya umur tanaman meranti tidak memberikan kecenderungan yang nyata terhadap meningkatnya kandungan biomassa dan karbon tumbuhan bawah beserta serasah.



Keterangan:

- I = jalur 1
- II = jalur 2
- III = jalur 3

Gambar 3. Pendugaan cadangan karbon pada tumbuhan bawah dan serasah di sekitar tegakan *Shorea leprosula*.

Tumbuhan bawah memberikan kontribusi karbon lebih sedikit dibandingkan komponen lainnya karena ukuran tumbuhan bawah yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pohon, tetapi mempunyai peran dalam menyerap karbon.

Berikut ini adalah kadar karbon tumbuhan bawah, serasah kasar dan serasah halus yang diperoleh dari hasil uji laboratorium, yaitu pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar karbon tumbuhan bawah dan serasah

NO	JARINGAN	UMUR MERANTI (tahun)	C-organik (%)
1	Tumbuhan bawah	10	39,70
2		8	36,87
3		6	36,43
4	Serasah Kasar	10	35,22
5		8	34,63
6		6	33,78
7	Serasah Halus	10	14,20
8		8	19,46
9		6	23,44

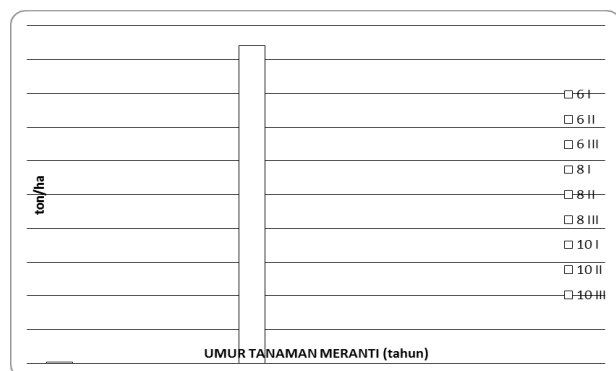
Sumber: Rekapitulasi hasil analisis uji C organik dengan metode *wakley and black* dengan spektrofotometri.

Berdasarkan nilai kisaran kadar karbon tiap jaringan pada Tabel 3, hasil analisis kadar karbon tumbuhan bawah yang berada di sekitar tegakan meranti berumur 6, 8 dan 10 tahun berturut-turut cenderung meningkat. Begitu pula dengan kadar karbon pada serasah kasarnya. Semakin tua umur tegakan

meranti, semakin besar pula kandungan karbon pada tumbuhan bawah dan serasah kasarnya. Namun hasil yang sebaliknya terjadi pada serasah halus, meskipun nilai prosentase karbonnya tidak berbeda jauh. Hasil ini menunjukkan nilai kadar karbon tumbuhan bawah, serasah kasar dan serasah halus yang lebih mendekati tetapan menurut Hairiyah (1999) bahwa untuk karbon tersimpan tumbuhan bawah, nekromassa dan serasah adalah 40% biomassa. Keberadaan tumbuhan bawah sangat dipengaruhi oleh kondisi kesuburan tanah pada masing-masing lokasi tempat tumbuh, kondisi iklim dan pengaruh lingkungan sekitar (Satriyo, 2012). Brown (1997) menyatakan jumlah biomassa dan karbon tumbuhan bawah pada hutan sekunder atau hutan terganggu memiliki nilai persentase bervariasi berkisar antara 3% sampai dengan 30% tergantung umur dari kelas hutan sekunder dan keterbukaan tajuk. Meskipun nilai persentasenya kecil, namun keberadaan tumbuhan bawah tidak bisa diabaikan dan memiliki kontribusi terhadap total biomassa dan pembentukan unsur hara tanah.

Karbon nekromassa

Nekromassa berkayu diukur pada plot berukuran 3 x 50 m pada jalur yang sama dengan plot pengukuran diameter pohon meranti. Pada plot-plot yang diukur hampir tidak ditemui nekromassa berkayu, kecuali pada plot meranti berumur 8 dan 6 tahun seperti yang tercantum pada Gambar 4.



Keterangan:

- I = jalur 1
- II = jalur 2
- III = jalur 3

Gambar 4. Pendugaan cadangan karbon pada nekromassa berkayu di sekitar tegakan *Shorea leprosula*.

Nekromassa berkayu yang ditemui pada plot penelitian merupakan bekas potongan kayu ulin yang sebelumnya ditebang pada saat pembersihan lahan guna penerapan teknik silin pada areal PMUMHM.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa meningkatnya umur tanaman meranti tidak memberikan kecenderungan yang nyata (*positive trend*) atau bersifat fluktuatif terhadap meningkatnya kandungan biomassa dan karbon nekromassa berkayu. Karena nilainya yang sangat kecil, maka karbon nekromassa berkayu diabaikan dalam penelitian ini.

Karbon bahan organik tanah

Karbon di dalam tanah merupakan indikator kesuburan tanah. Karbon merupakan komponen paling besar dalam bahan organik. Tingginya karbon dalam tanah akan mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik, baik secara fisik, kimia maupun biologi. Karbon merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaan unsur ini dalam tanah akan memacu kegiatan mikroorganisme tanah, sehingga meningkatkan proses dekomposisi tanah dan juga reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan mikroorganisme, misalnya pelarutan P, fiksasi N dan sebagainya. Penambatan karbon dari atmosfer menjadi karbon jaringan tanaman dan bahan organik tanah penting untuk menurunkan konsentrasi gas rumah kaca (Hanafi, 2008).

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika dan kimia. Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Sumber utama bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun dan buah. Bahan

organik dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis sehingga unsur karbon merupakan penyusun utama dari bahan organik tersebut. Unsur karbon ini berada dalam bentuk senyawa-senyawa polisakarida, seperti selulosa, hemiselulosa, pati dan bahan-bahan pektin dan lignin (Hanafi, 2008).

Pengaruh bahan organik terhadap tanah tergantung pada proses dekomposisinya. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi proses dekomposisi meliputi faktor bahan organik dan faktor tanah. Faktor-faktor organik meliputi komposisi kimiawi, nisbah C/N, kadar lignin dan ukuran bahan, sedangkan faktor tanah meliputi temperatur, kelembaban, tekstur, struktur dan suplai oksigen, serta reaksi tanah, ketersediaan hara terutama N, P, K dan S (Parr, 1997 yang dikutip oleh Hanafi, 2008).

Bahan organik tanah terdapat dalam berbagai bentuk: ada yang stabil (lambat lapuk), terikat kuat dengan liat, membentuk agregat tanah yang stabil, dan ada pula yang labil (cepat lapuk) yang strukturnya masih mirip dengan bahan asalnya seperti daun, cabang, akar yang telah mati dan sebagainya. Lahan yang ditanami pepohonan ternyata dapat mempertahankan kesuburan tanah, bahkan seringkali memulihkan kesuburan tanah yang merosot. Namun pohon juga membutuhkan tempat, air, hara dan cahaya (Hairiyah *et al.*, 2000 yang dikutip oleh Hanafi, 2008).

Pengambilan sampel tanah pada setiap tahun tanam meranti dilakukan secara komposit, sehingga didapatkan data seperti yang disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2, kadar karbon dalam tiap kedalaman tanah bervariasi, yaitu antara 0,79% sampai dengan 4,98%. Pada setiap plot yang diambil sampel tanah, kecenderungannya semakin ke bawah lapisan tanahnya, kadar karbonnya semakin menurun. Dengan kata lain, kandungan karbon tertinggi terdapat pada lapisan tanah paling atas. Menurut Hairiah, *et al.* (2007), bahwa penyimpanan karbon suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, yang ditunjukkan oleh kandungan C organik yang tinggi. Hardjowigeno (2003) yang dikutip oleh Almulqu (2011) juga menjelaskan bahwa bahan organik umumnya

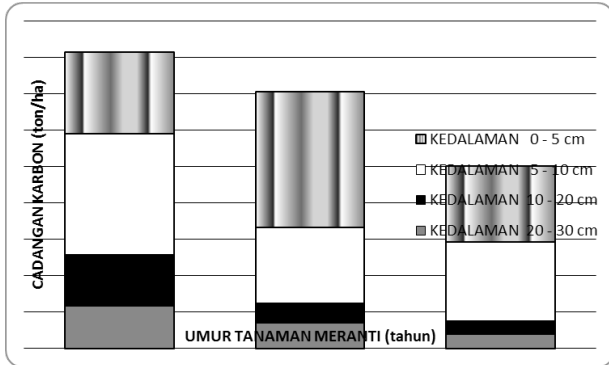
ditemukan di permukaan atas. Jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-5 % akan tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar sekali, yaitu dalam memperbaiki struktur tanah, sumber unsur hara dan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme. Bahan organik tersebut sebagian besar berasal dari jaringan tumbuhan atau serasah dan nekromassa yang merupakan penyumbang rosot karbon melalui proses dekomposisi oleh aktivitas mikroorganisme.

Tabel 2. Kadar karbon di tanah

NO	UMUR TANAMAN MERANTI (tahun)	KEDALAMAN (cm)	C organik (%)
1	10	0 - 5	1,99
2		5 - 10	1,53
3		10 - 20	0,79
4		20 - 30	0,86
5	8	0 - 5	4,98
6		5 - 10	2,06
7		10 - 20	1,53
8		20 - 30	1,26
9	6	0 - 5	2,12
10		5 - 10	2,25
11		10 - 20	2,06
12		20 - 30	1,33

Cadangan karbon tanah pada lokasi tanam tegakan meranti umur 6 tahun, 8 tahun dan 10 tahun cenderung menurun, yaitu berturut-turut 40,82 ton/ha, 35,28 ton/ha, dan 13 ton/ha. Hal ini terjadi karena pencucian unsur hara dalam tanah sebagai akibat terbukanya tajuk, terutama pada lokasi tanam meranti umur 10 tahun. Selain itu pemakaian alat berat pada saat pembukaan jalur pada lokasi tanam meranti umur 10 tahun menyebabkan pemadatan tanah, sehingga porositas tanah berkurang. Akibatnya, jika terjadi hujan air hujan tidak bisa terserap ke dalam tanah, tetapi mengalir ke tempat yang lebih rendah dengan membawa partikel tanah bagian atas atau erosi permukaan tanah. Munawar (2011) juga menyatakan bahwa kehilangan atau penurunan kadar bahan organik kadang terjadi akibat pembersihan lahan (*land clearing*). Selisih umur tanaman *S. leprosula* yang tidak terlalu jauh, yaitu 2 tahun, juga menyebabkan perbedaan

cadangan karbon di tanah tidak terlalu jauh. Grafik cadangan karbon tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



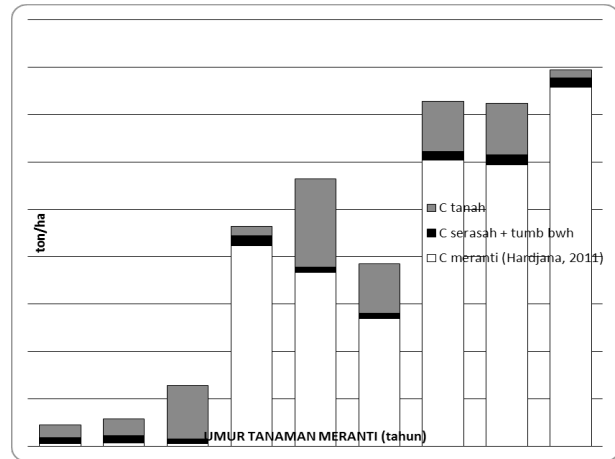
Gambar 5. Pendugaan cadangan karbon di tanah

Salah satu komponen pokok tempat penyimpanan C adalah bahan organik. Jumlah C yang tersimpan pada bahan organik kecil dibandingkan jumlah total karbon pada hutan tersebut. Hal ini dikarenakan bahan organik tersebut berada dalam proses pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro sehingga bahan organik tersebut mengalami perubahan secara terus-menerus dan tidak mantap (Lubis, 2011).

Dijelaskan juga oleh Lubis (2011) bahwa hasil uji korelasi antara karakteristik atau kualitas tempat tumbuh terhadap simpanan karbon (*C-stock*) menunjukkan pH, C-organik, BO, N-total, dan kalium tanah memiliki korelasi atau pengaruh terhadap karbon tersimpan.

Karbon total

Karbon total didapatkan dengan cara menjumlahkan karbon tanah, karbon serasah dan tumbuhan bawah serta karbon *S. leprosula*. Kadar karbon tanah, serasah dan tumbuhan bawah didapatkan dari hasil uji laboratorium sedangkan karbon *S. leprosula* didapatkan dari pengukuran diameter tegakan yang dikonversikan menggunakan alometrik $0,067(D)^{2,859}$. Selanjutnya hasil perhitungan kandungan karbon total pada tegakan *S. leprosula* dapat dilihat pada Gambar 6.



Keterangan:

- I = jalur 1
- II = jalur 2
- III = jalur 3

Gambar 6. Pendugaan cadangan karbon total tegakan *S. leprosula* umur 6, 8 dan 10 tahun pada area silin.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa antara tanaman meranti berumur 6 tahun, 8 tahun dan 10 tahun terjadi peningkatan cadangan karbon dalam masing-masing plot, atau terjadi kenaikan cadangan karbon total seiring bertambahnya umur. Nilai cadangan karbon yang paling berpengaruh adalah cadangan karbon dalam biomassa pohon. Pada tegakan meranti umur 10 tahun diperoleh karbon total sebesar 74,89 ton/ha, umur 8 tahun sebesar 47,10 ton/ha dan umur 6 tahun sebesar 7,63 ton/ha.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian pengukuran cadangan karbon total tegakan *Acacia mangium* didapatkan 155,967 ton/ha, sedangkan pada *Eucalyptus pellita* besarnya cadangan karbon 77,1 ton/ha (Araujo, 2010), maka lebih kecil. Pada hasil penelitian Hanafi (2008), sistem agroforestri tradisional menghasilkan total cadangan C sebesar 196,61 ton/ha untuk dukuh cempedak, 134,11 ton/ha untuk dukuh durian dan 109,08 ton/ha untuk dukuh langsung. Dibandingkan dengan ketiga dukuh cempedak, total cadangan karbon karbon *S. leprosula* berumur 10 tahun pada area silin lebih kecil.

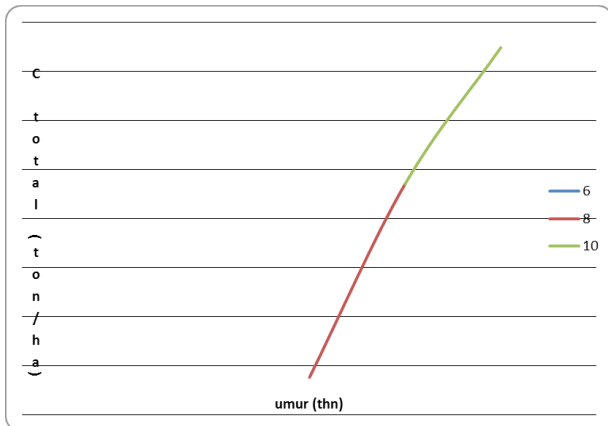
Penelitian potensi simpanan karbon pada tegakan pinus (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese) berumur 15 tahun menghasilkan 50,09 ton/ha dan umur 16 tahun 43,40 ton/ha (Saharjo & Wardhana,

2011). Jika dibandingkan dengan total cadangan karbon karbon *S. leprosula* berumur 10 tahun pada area silin lebih besar daripada tegakan pinus berumur 15 tahun dan 16 tahun.

Potensi kandungan karbon tegakan *S. leprosula* umur 2-7 tahun di Sumatera Barat pada area silin berkisar 0,99-7,33 ton/ha (Fajri & Dewi, 2010), lebih kecil jika dibandingkan dengan tegakan *S. leprosula* pada penelitian ini, yaitu umur 6 tahun sebesar 7,63 ton/ha dan umur 8 tahun sebesar 47,10 ton/ha.

Peningkatan Cadangan Karbon seiring Pertambahan Umur Tegakan *Shorea leprosula*

Peningkatan cadangan karbon dengan adanya pertambahan umur tegakan meranti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik peningkatan cadangan karbon dengan adanya pertambahan umur tegakan *S. leprosula*.

Pada Gambar 7 terlihat jelas pertambahan umur tegakan meranti diikuti oleh pertambahan cadangan karbon total di atas permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan pertambahan cadangan karbon total sebesar 19,73 ton/ha per tahun untuk meranti umur 6 tahun sampai dengan umur 8 tahun dan 13,90 ton/ha per tahun untuk meranti umur 8 tahun sampai dengan umur 10 tahun, atau rata-rata 16,82 ton/ha per tahun.

Pada penelitian sebelumnya pada tegakan tanaman *S. leprosula* berumur 2-7 tahun pada area silin di Kalimantan Selatan, diperoleh riap karbon rata-rata tahunan (*Mean Annual Carbon Increment, MACI*) berkisar 0,05-0,44 ton/ha/tahun sedangkan pada tegakan tanaman *S. leprosula* berumur 2-7

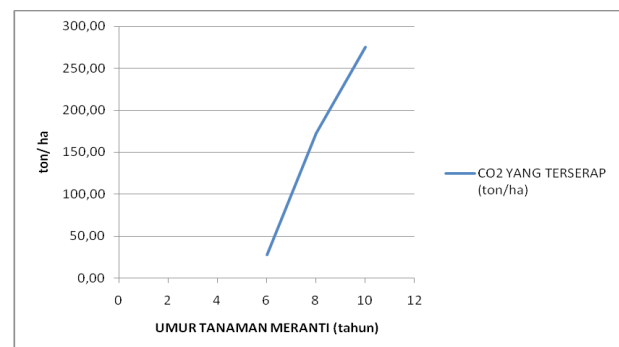
tahun pada area silin di Sumatera Barat berkisar 0,03-1,05 ton/ha/tahun (Fajri & Dewi, 2010). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini, yaitu *S. leprosula* berumur 6 tahun, 8 tahun dan 10 tahun pada area silin di Kalimantan Selatan, peningkatan cadangan karbon per tahun lebih besar.

Ola-Adams (1993) yang dikutip oleh Satriyo (2012) menyatakan peningkatan produksi biomassa pohon total dipengaruhi oleh tipe hutan, jenis, kerapatan, umur, kondisi tempat tumbuh (*site condition*), dan praktek pengelolaan tegakan. Secara umum, potensi penyimpanan biomassa dan karbon untuk tiap kelas umur dipengaruhi oleh umur tegakan, bonita (*site indeks*), kerapatan tegakan, ukuran pohon dan perlakuan silvikultur (termasuk jarak tanam) (Simon dkk., 2009; Pambudi, 2011 yang dikutip oleh Satriyo, 2012).

CO₂ yang Terserap oleh Tegakan Meranti pada Hutan Alam dalam Area Silin

Potensi penyerapan gas CO₂ pada tegakan meranti tembaga dapat diukur dengan menggunakan perbandingan rumus kimia antara berat molekul gas CO₂ dengan massa unsur C (Mr CO₂ : Ar C) yaitu 44/12 atau 3,67 yang digunakan sebagai nilai tetapan lalu dikalikan dengan jumlah kandungan karbon sesuai rumus Morikawa (2003).

Berdasarkan perhitungan, hutan meranti berumur 6 tahun diduga dapat menyerap gas CO₂ sebanyak 28,01 ton/ha, umur 8 tahun sebanyak 172,83 ton/ha dan umur 10 tahun sebanyak 274,86 ton/ha. Hal ini dijelaskan pada Gambar 8, seiring bertambahnya umur meranti, maka gas CO₂ yang terserap juga akan meningkat.



Gambar 8. Gas CO₂ yang terserap oleh hutan meranti berumur 6, 8 dan 10 tahun.

Brown & Lugo (1984) yang dikutip oleh Satriyo (2012) menyatakan hutan hujan tropis diperkirakan dapat menyediakan 176 ton C/ha atau penyerapan CO₂ sekitar 644,16 ton/ha. Brown *et al.* (1986) meyakini bahwa di masa yang akan datang pelepasan karbon dari kegiatan pemanenan di hutan tanaman akan dapat diimbangi dengan strategi terarah dalam peningkatan pembangunan dan pertumbuhan tanaman.

Karbon dioksida (CO₂) dibutuhkan dalam jumlah besar untuk fotosintesis dan selanjutnya dikeluarkan dalam kuantitas yang besar dalam respirasi tumbuhan dan hewan (Soetrisno, 1998 yang dikutip oleh Fajri & Dewi, 2010). Jumlah gas karbon dioksida di udara berubah-ubah dan berbeda-beda dari satu tempat, tetapi rata-rata berkisar 0,03% (Soemarwoto, 1991 yang dikutip oleh Fajri & Dewi, 2010). Hujan dan kabut akan mempertinggi kandungan karbon dioksida. Karbon dioksida akan dikembalikan ke atmosfer apabila kayu atau serasah hutan menjadi busuk atau dibakar.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Cadangan karbon total yang dihasilkan dari tegakan *Shorea leprosula* dengan menggunakan alometrik $0,067 (D)^{2,859}$, diperoleh cadangan karbon total pada tegakan meranti umur 10 tahun sebesar 74,89 ton/ha, umur 8 tahun sebesar 47,10 ton/ha dan umur 6 tahun sebesar 7,63 ton/ha. Cadangan karbon total meningkat seiring bertambahnya umur. Peningkatan cadangan karbon yang didapatkan dengan adanya pertambahan umur tegakan meranti rata-rata sebesar 16,82 ton/ha per tahun.

Hutan meranti berumur 6 tahun diduga dapat menyerap gas CO₂ sebanyak 28,01 ton/ha, umur 8 tahun sebanyak 172,83 ton/ha dan umur 10 tahun sebanyak 274,86 ton/ha.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pendugaan cadangan karbon di hutan alam

yang bukan area silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan sehingga bisa dibandingkan dengan cadangan karbon pada area silin.

DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, N. D. 2010. *Pendugaan Cadangan Karbon pada Hutan Tanaman Industri di Desa Sebuher Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan*. Tesis. Program Studi Ilmu Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru. Tidak dipublikasikan.
- Basuki, T.M., van Laake, P.E., Skidmore, A.K. and Hussin, Y.A. 2009. *Allometric Equations for Estimating the Above-ground Biomass in Tropical Lowland Dipterocarp Forests*. *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.
- Bismark M, N.M. Heriyanto, dan Sofian I. 2008. *Biomassa dan Kandungan Karbon pada Hutan Produksi di Cagar Alam Biosfer Pulau Siberut, Sumatera Barat*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5 (5) : 397-407.
- Brown, S., Lugo, A.E. and Chapman, J. 1986. *Biomass of Tropical Tree Plantation and Its Implication for The Global Carbon Budget*. *Can. J. For. Res.* (16): 390-394.
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO. Forestry Paper No. 134. Food and Agriculture of the United Nations. Rome.
- Elias, 2009. *Sistem dan Teknik Silvikultur Pengelolaan Hutan Produksi di Indonesia*. Diklat Wasganis PHPL Pemanenan Hutan Produksi. Bogor.
- Fajri, M dan Dewi, L.M. 2010. *Inventore Kandungan Biomassa dan Karbon Hutan Tanaman Meranti serta Perannya sebagai Penyedia Jasa Lingkungan*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Balai Besar Penelitian Dipterocarpa. Samarinda.
- Hairiah, K., Arifin, J., Prayogo, C., Widiyanto dan Sunaryo. 2002. *Prospek Agroforestry*

- Berbasis Kopi sebagai Cadangan Karbon*. Agroteksos 12 (2): 145-150. Malang.
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. ICRAF Southeast Asia Regional Office Bogor.
- Hanafi, Nanang. 2008. *Analisis Karbon (Carbon Stock) pada Sistem Agroforestri Tradisional Dukuh di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan*. Tesis. Program Studi Ilmu Kehutanan. Universitas Labung Mangkurat. Banjarbaru. Tidak dipublikasikan.
- Hardjana, A.K. 2011. *Membangun Persamaan Alometrik Biomassa Tanaman *Shorea leprosula* di Areal IUPHHK-HA PT ITCIKU Kalimantan Timur*. Jurnal Penelitian Dipterocarpa 1(5): 1-11. Samarinda.
- Hilmi, E. 2003. *Model Penduga Kandungan Karbon pada Pohon Kelompok Jenis *Rhizophora spp.* dan *Bruguiera spp.* dalam Tegakan Hutan Mangrove Studi Kasus di Indragiri Hilir Riau*. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Kamalludin. 2012. *Pertumbuhan Tanaman Meranti (*Shorea leprosula*) pada Teknik Silvikultur Intensif di Kabupaten Kapuas*. Tesis. Program Studi Ilmu Kehutanan. Universitas Labung Mangkurat. Banjarbaru. Tidak dipublikasikan.
- Lasco RD. 2006. *Carbon Stocks Assesment of A Selectively Logged Dipterocarp Forest and Wood Processing Mill in The Philipines*. Journal Tropical Forest Science 18 (4) : 166-172
- Lubis, R. S. 2011. *Pendugaan Korelasi Antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Karbon (Carbon Stock) Pada Hutan Sekunder*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Nugroho, B., Sukadri, D. dan Widyantoro, B. 2012. *Studi dan Analisis Peraturan Perundangan Terkait dengan Pengelolaan yang Lestari pada Hutan, Hutan Berbasis Karbon, Penyerapan Karbon, Stok Karbon, dan Produk Ramah Lingkungan*. Kementerian Kehutanan RI. Jakarta.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Springer. Verlag Berlin Heidelberg.
- Saharjo, B.H. dan Wardhana, H.F.P. 2011. *Pendugaan Potensi Simpanan Karbon pada Tegakan Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese) di KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten*. Jurnal Silvikultur Tropika 1 (5): 96-100.
- Satriyo, Untung. 2012. *Inventarisasi Biomassa dan Karbon Batang, Cabang, Daun dan Tumbuhan Bawah di Hutan Tanaman Jati KPH Kebonharjo, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Schroeder, P. 1992. *Carbon Storage Potential of Short Rotation Tropical Tree Plantations*. Forest Ecology and Management, 50: 31-41.
- Siregar, C.A. dan N.M. Heriyanto. 2010. *Akumulasi Biomassa pada Skenario Hutan Sekunder di Maribaya, Bogor, Jawa Barat*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol: VII No.3 : 215-226.
- Siringoringo, H.H. dan Siregar, C.A. 2006. *Model Persamaan Allometri Biomassa Total untuk Estimasi Akumulasi Karbon pada Tanaman Sengon*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. 3(5):541-553.
- SNI 7724. 2011. *Pengukuran dan Penghitungan Cadang Karbon-Pengukuran lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Soekotjo, 2008. *Teknik Silvikultur Intensif (SILIN)*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Yuniawati. 2011. *Pendugaan Potensi Massa Karbon dalam Hutan Tanaman Kayu Serta di Lahan Gambut*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak dipublikasikan.