

Serapan Karbon oleh Mangium dan Sengon Berumur Empat Tahun pada Lahan Pascatambang yang Sudah Direklamasi

Ali Munawar* dan Wiryono

Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Bengkulu 38371

Diterima 11-12-2012 Disetujui 25-11-2013

ABSTRACT

Revegetation is an important part of reclamation activities of mined land, partly due to potential CO₂ absorption from the atmosphere, particularly through photosynthetic reactions. This research was aimed to calculate the amount of C absorbed by two major fast growing legume species in most reclaimed mined lands in Indonesia, mangium (*Acacia mangium*) and albizia (*Paraserianthes falcataria*) at four years of age. Three tree samples of each species were destructively taken from the reclaimed mined land belong to PT Bukit Asam (PERSERO) Tbk, Tanjung Enim, South Sumatra to obtain plant biomass production of both above and below ground. The above ground plant biomass was separated into leaf, branches & twigs, and stem. All these components and the below ground biomass (roots) were then weighed for fresh weight determination. About 200 g of these tree components were dried in an oven at 70°C to obtain their dry weights, and then ground into 60 mesh diameter for C analysis using wet destruction method of Walkley and Black. The results showed that up to the fourth year, mangium sequestered C almost double of that sequestered by sengon stands, 21.66 and 10.35 kg C/tree respectively.

Keywords: carbon sequestration, mangium, reclaimed lands, revegetation, sengon

ABSTRAK

Revegetasi merupakan tahapan penting dalam reklamasi lahan pascatambang, antara lain karena tanamannya berpotensi menjadi penyimpan CO₂ melalui aktivitas fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung jumlah C yang diserap oleh tanaman mangium (*Acacia mangium*) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*), dua jenis tanaman yang paling banyak digunakan untuk revegetasi lahan pascatambang di Indonesia yang sudah berumur empat tahun. Tiga pohon sampel tanaman mangium dan sengon diambil secara destruktif dari lahan pascatambang di lokasi PT Bukit Asam (PERSERO) Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan untuk memperoleh produksi biomasa tanaman total di atas dan di bawah tanah. Biomassa di atas tanah dipisahkan menjadi daun, cabang & ranting, dan batang. Seluruh biomassa tanaman bagian atas dan bagian bawah tanah (akar), kemudian ditimbang untuk mendapatkan bobot biomassa segar. Setelah itu dari masing-masing biomassa segar diambil sekitar 200 g untuk dikeringkan dalam oven pada 70°C untuk mendapatkan berat kering tanaman. Biomassa yang sudah kering kemudian dihaluskan menjadi ukuran 60 mesh untuk analisis C dengan menggunakan metode Walkley and Black. Data menunjukkan bahwa sampai umur 4 tahun, tanaman mangium menyerap C dua kali lebih tinggi daripada sengon, masing-masing 21,66 kg C/pohon dan 10,35 kg C/pohon.

Kata Kunci: mangium, pascatambang, reklamasi, sengon, serapan karbon

*Telp: +62873621290
Email: a.munawar008@gmail.com

PENDAHULUAN

Revegetasi merupakan salah satu kegiatan penting dalam program rehabilitasi atau reklamasi lahan pascatambang. Meskipun pada mulanya dimaksudkan untuk pengendalian erosi, revegetasi dilaporkan dapat membantu pemulihan ekosistem yang terdegradasi.

Dalam beberapa tahun terakhir dilaporkan bahwa revegetasi lahan pascatambang dapat menjadi salah satu cara efektif mengurangi emisi CO₂ ke atmosfer, karena kapasitasnya menyerap CO₂ melalui fotosintesis (Subarudi *et al.* 2003). Beberapa peneliti, seperti Lal *et al.* (2003), Jacinthe dan Lal (2007), dan Shrestha dan Lal (2008) melaporkan bahwa lahan pascatambang yang telah direklamasi dapat berperan sebagai penyimpan (*sink*) C, sehingga berpotensi mengembalikan CO₂ yang sudah dibebaskan ke atmosfer. Bahkan, dengan praktek-praktek pengelolaan yang baik dan tepat, lahan pascatambang yang sudah direklamasi memiliki potensi menyimpan C yang sama atau bahkan lebih besar daripada hutan yang tidak diusik (Sperow 2006). Potensi ini tentu menjadi peluang bagi perusahaan tambang untuk berkontribusi dalam upaya mengurangi pemanasan global melalui kegiatan reklamasi.

Penelitian tentang estimasi potensi biomassa C tanaman sudah relatif banyak dilakukan di Indonesia (Yuniawati *et al.* 2011), tetapi sebagian besar dilakukan pada ekosistem hutan alam dan hutan tanaman (Mudiyarso & Wasrin 2000; Elias & Wistara 2009; Harjana 2010; Elias *et al.* 2011; Nuraziza & Sulistyawati 2011). Sementara itu, potensi simpanan C pada kondisi ekosistem baru yang dari lahan terdegradasi belum banyak mendapat perhatian. Untuk itu kajian estimasi kemampuan lahan pascatambang yang sudah direklamasi (direvegetasi) dalam menyerap C di atmosfer penting dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung jumlah C yang diserap oleh dua jenis tanaman revegetasi, (*Acacia mangium*) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*) berumur empat tahun pada lahan pascatambang batubara yang sudah direklamasi. Kedua tanaman pohon tersebut merupakan jenis pioneer yang tumbuh cepat (*fast growing species*) yang banyak digunakan untuk revegetasi pada lahan pascatambang di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di lahan pascatambang batubara yang sudah direklamasi di Unit Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam (PERSERO) Tbk., Tanjung Enim, Sumatera Selatan pada bulan Mei 2012. Sebelum pengambilan sampel pohon dibuat petak ukuran 20 x 20 m secara random di populasi tegakan mangium dan sengon berumur empat tahun untuk mendapatkan gambaran karakteristik tegakan. Seluruh tanaman yang ada dalam petak diukur diameter batang setinggi dada dan tinggi pohon. Hasil rata-rata pengukuran digunakan untuk menetapkan batang pohon sampel. Kemudian sebanyak 3 batang pohon yang berdiameter dan tingginya mewakili seluruh tegakan diambil.

Pengambilan sampel dilakukan secara destruktif, dengan penebangan seluruh bagian tanaman bagian atas dengan menggunakan gergaji (*chainsaw*). Tanaman bagian atas tanah dipisahkan lagi ke dalam komponen (organ) pohon, yaitu daun, cabang, ranting, dan batang. Untuk pengambilan tanaman bagian bawah (akar) dibantu dengan peralatan berat (*bulldozer*), cangkul, dan linggis, sehingga seluruh bagian akar dapat terangkat, kemudian akar dibersihkan dari tanah yang masih menempel. Seluruh komponen pohon tersebut ditimbang secara terpisah untuk mendapatkan bobot basah. Dari setiap jenis komponen pohon yang masih segar tersebut diambil sampel sebanyak 200 g untuk penetapan bobot kering biomassa tanaman. Untuk mempercepat proses pengeringan, sampel kayu berukuran besar seperti batang, cabang, ranting, dan akar dipotong-potong menjadi ukuran yang lebih kecil (3–5 cm).

Pengeringan biomassa dilakukan di dalam oven pada suhu 70°C di Laboratorium Ilmu Tanah & Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, sampai bobotnya tetap. Biomassa tanaman yang sudah kering kemudian digiling menjadi ukuran 60 mesh untuk analisis C di laboratorium. Analisis C biomassa dilakukan dengan metode Walkley & Black dan dibaca pada Spektrofotometer dengan panjang gelombang 561 nm (Sulaeman *et al.* 2005) di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), Yogyakarta.

Untuk mengetahui kualitas tapak dari kedua tegakan, tiga sampel tanah diambil dari bawah masing-masing tegakan pada dua kedalaman tanah (0–10 dan 10–25 cm) sebanyak sekitar 3 kg. Sampel tanah dibawa ke Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Bengkulu untuk analisis atau penetapan beberapa sifat kimia tanah, yang meliputi pH, kadar C organik, N total, P tersedia, K dapat ditukar (K-dd), Ca dapat ditukar (Ca-dd), Mg dapat ditukar (Mg-dd), dan Al dapat ditukar (Al-dd). Pengukuran pH tanah dilakukan dengan pH meter, C-organik ditetapkan dengan metode Walkley dan Black, N-total dengan metode Micro-Kjeldahl, P tersedia dengan metode Bray I, dan Al-dd dengan ekstraksi dengan 1N KCl dilanjutkan dengan titrasi. Untuk penetapan K-dd, Ca-dd, dan Mg-dd dilakukan melalui ekstraksi dengan 1 N Amonium Asetat pada pH 7, dilanjutkan pembacaan pada Flamfotometer untuk K-dd dan Ca-dd, dan titrasi dengan EDTA untuk Mg-dd (Sulaeman *et al.* 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa Pohon. Biomassa pohon mangium dan sengon kering berumur empat tahun disajikan pada Tabel 1. Data menunjukkan bahwa biomassa pohon mangium total umur empat tahun sekitar dua kali lebih besar daripada biomassa pohon sengon, masing-masing 41,81 kg/pohon dan 20,52 kg/pohon. Namun demikian bobot tanaman mangium tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan biomassa mangium yang ditanam sebagai hutan tanaman industri (HTI) pada umur yang sama. Hardjana (2010) di PT. Surya Hutani Jaya melaporkan bahwa biomassa tanaman mangium berumur empat tahun sudah mencapai 235,05 Kg/pohon. Ini menunjukkan bahwa

tanaman mangium pada kondisi lahan pascatambang yang dipakai pada penelitian ini tidak tumbuh dengan maksimal. Analisis beberapa sifat tanah (Tabel 3) menunjukkan bahwa kualitas tanah di bawah tegakan mangium maupun sengon dapat digolongkan rendah, yang akan dibahas kemudian.

Pada umur empat tahun biomassa total tanaman di atas permukaan tanah pada ke dua jenis tanaman sama-sama lebih besar dibandingkan dengan biomassa di bawah permukaan tanah (akar), tetapi dengan persentase yang sangat berbeda. Biomassa tanaman mangium bagian atas tanah sebesar 7,5 kali lipat biomassa tanaman bagian bawah, yakni 88,33% dibandingkan dengan 11,77%; sedangkan pada tanaman sengon hanya 2 kali lipat, yaitu 67,84% dibandingkan dengan 32,31%. Ini menghasilkan nisbah biomassa tanaman bagian bawah tanah (akar) dan bagian atas tanah sebesar 0,133 untuk mangium dan 0,48 untuk sengon. Khusus untuk tanaman mangium, nisbah 0,133 termasuk rendah jika dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan oleh Elias *et al.* (2010) maupun Hardjana (2010). Elias *et al.* (2010) dalam penelitiannya di hutan tanaman menemukan bahwa bahwa rasio akar/tanaman bagian atas sengon dari berbagai umur berkisar antara 0,1324 dan 0,4172, sedangkan Hardjana (2010) menemukan bahwa mangium berumur 1 s/d 6 tahun di hutan tanaman yang lain mempunyai nisbah rata-rata 0,16.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa pola sebaran biomassa organ tanaman berbeda untuk jenis tanaman yang berbeda. Sebaran biomassa organ tanaman mangium berturut-turut dari besar ke kecil: batang (59,77%), cabang dan ranting (22,82%), akar (11,77%), dan daun (6,72%); sedangkan tanaman sengon: batang (43,91%), akar

Tabel 1 Biomassa mangium dan sengon berumur empat tahun dan persentase masing-masing komponen pohon

Komponen Biomassa	Mangium		Sengon	
	Kg/pohon	%*	Kg/pohon	%*
A. Bagian Atas Tanah	36,89	88,23	13,92	67,84
a. Daun	2,39	6,72	1,91	9,31
b. Cabang & Ranting	9,54	22,82	2,97	14,47
c. Batang	24,96	59,70	9,01	43,91
B. Bagian Bawah Tanah/Akar	4,92	11,77	6,63	32,31
C. Total Biomasa Pohon (A+B)	41,81	100,00	20,52	100,00
D. Rasio B/A	0,13	-	0,48	-

Catatan: * = persentase terhadap total biomassa pohon

(32,31%), cabang dan ranting (14,47%), dan daun (9,31%). Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tajuk tanaman mangium lebih lebat dari tajuk sengon, karena banyaknya cabang dan daun. Sebaliknya, pengamatan di lapang menunjukkan bahwa perakaran tanaman sengon relatif lebih dalam dan lebih besar daripada perakaran tanaman mangium. Khusus untuk mangium, pola sebaran persentase biomassa ini berbeda dengan mangium yang ditanam pada lahan HTI pada umur yang sama (empat tahun). Hardjana (2011) melaporkan bahwa pola sebaran biomassa mangium, dari besar ke kecil: batang (76,17%), akar (13,28%), cabang (7,16%), dan daun (3,36%). Perbedaan yang paling besar terdapat pada persentase biomassa batang dan cabang & ranting. Sengon pada HTI mempunyai persentase biomassa batang yang jauh lebih besar pada lahan pascatambang yang diteliti, yakni 76,17% dibandingkan dengan 59,77%,

sebaliknya memiliki persentase biomassa cabang yang lebih kecil, yakni 7,16% dibandingkan dengan 22,82%. Tampaknya ini terkait dengan adanya tindakan perawatan pada hutan tanaman industri, yakni pemangkasan cabang-ranting selama pertumbuhan agar biomassa hasil fotosintesis menjadi batang. Sementara itu tanaman revegetasi di lahan pascatambang dibiarkan tumbuh secara alami, tanpa pemangkasan cabang, ranting, maupun daun.

Konsentrasi dan Massa Karbon (C). Konsentrasi dan massa C pada mangium dan sengon berumur empat tahun disajikan pada Tabel 2. Konsentrasi C pada organ ke dua jenis pohon mempunyai pola yang hampir sama. Konsentrasi C paling rendah pada daun dan relatif sama untuk komponen-komponen pohon yang lain (50,58–52,64% C). Daun sengon memiliki konsentrasi C paling rendah (32,65%), jauh lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi C daun mangium

Tabel 2 Kadar, massa C, dan persentase massa C komponen pohon pada biomassa mangium dan sengon berumur empat tahun

Komponen Biomassa	Mangium			Sengon		
	% C	Kg C/pohon *	% C**	% C	Kg C/pohon *	% C**
A. Bagian Atas Tanah		19,08	88,09		6,99	67,54
a. Daun	46,90	1,12	5,17	32,65	0,62	6,00
b. Cabang & Ranting	50,58	4,82	22,25	56,80	1,69	16,33
c. Batang	52,64	13,14	60,66	51,98	4,68	45,22
B. Bagian Bawah Tanah/Akar	52,51	2,58	11,91	50,68	3,36	32,46
C. Total Masa Karbon (A+B)		21,66	100,00		10,35	100,00
D. Rasio B/A		0,14			0,48	

Catatan: * = kadar C x bobot biomassa komponen pohon pada Tabel 1

** = persentase massa C komponen pohon

Tabel 3 Beberapa sifat kimia tanah di bawah tegakan mangium dan sengon berumur empat tahun

Sifat-sifat Tanah	Kedalaman (cm)	Mangium	Sengon
pH	0-10	3,90	3,60
	10-25	3,90	3,60
C-organik (%)	0-10	1,84	2,82
	10-25	1,27	1,27
N-total (%)	0-10	0,18	0,09
	10-25	0,09	0,06
P-tersedia (ppm P ₂ O ₅)	0-10	7,42	9,19
	10-25	12,70	5,72
K-dd [cmol(+) Kg ⁻¹]	0-10	0,19	0,08
	10-25	0,13	0,11
Ca-dd [cmol(+) Kg ⁻¹]	0-10	9,41	3,15
	10-25	6,27	5,12
Mg-dd [cmole(+) Kg ⁻¹]	0-10	8,37	2,10
	10-25	3,14	11,27
Al-dd [cmol(+) Kg ⁻¹]	0-10	5,20	7,50
	10-25	7,14	6,27

(46,90%). Daun mangium diketahui mengandung C dalam bentuk senyawa lignin, sehingga lebih sulit terdekomposisi jika dibandingkan dengan daun sengon (Munawar *et al.* 2011).

Massa C antar jenis tanaman dan sebarannya antar organ tanaman untuk setiap jenis tanaman mengikuti pola biomassa tanaman (Tabel 1). Massa C total tanaman mangium sekitar dua kali lebih besar daripada massa C total pada sengon. Pola sebaran (persentase) massa C antar organ tanaman pada mangium berturut-turut dari besar ke kecil: batang (60,66%), cabang dan ranting (22,25%), akar (11,91%), dan daun (5,17%); sedangkan pada sengon: (45,22%), akar (32,46%), cabang & ranting (16,33%), dan daun (6%). Pola sebaran massa C pada pohon mangium berbeda dengan yang dilaporkan oleh Hardjana (2010). Hardjana menemukan urutan besarnya massa C pada sengon di hutan tanaman sebagai berikut: batang menyimpan C paling besar (74,00%), diikuti oleh akar (13,90 %), cabang (6,49 %), dan daun sebagai penyimpan C paling rendah (2,71%). Pola sebaran massa C ini sangat mirip dengan pola sebaran biomassa tanaman seperti yang dibahas pada bagian sebelumnya.

Sifat-sifat Tanah di bawah Tegakan. Unit pertambangan Banko Barat PT Bukit Asam (PERSERO) diketahui memiliki persoalan air asam tambang (AAT) yang lebih besar dibandingkan dengan unit-unit pertambangan yang lain, karena kandungan mineral pirit pada batuan tergal (*overburden*) tinggi. Kondisi ini kemudian menyebabkan tanah pada lahan pascatambang bersifat masam, dan pertumbuhan tanaman revegetasi tidak sebaik di lokasi lain. Beberapa sifat kimia dari tanah di bawah tegakan mangium dan sengon yang disajikan pada Tabel 3.

Dari data dalam Tabel 3 tampak sekali bahwa secara umum tanah pada kedua tegakan mempunyai kualitas rendah, ditandai dengan reaksi tanah sangat masam ($\text{pH} < 4$) dan mempunyai kandungan hara esensial (N, P, K, dan Ca) rendah, kecuali Mg (Sulaeman *et al.* 2005). Kondisi tanah yang sangat masam menyebabkan konsentrasi Al-*dd* cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan ketersediaan P rendah, dan kemungkinan meracuni akar tanaman, dan terhambatnya fiksasi N oleh kedua tegakan legum tersebut. Jenis-jenis bakteri penambat (*fixer*) N pada umumnya sensitif terhadap kemasaman yang tinggi dan konsentrasi Al larut dan Al-*dd* tinggi di dalam tanah. Kandungan bahan organik (sebagai

C-organik) pada lapisan atas tanah yang termasuk sedang pada tegakan sengon barangkali tidak cukup mampu mengurangi dampak negatif Al. Kondisi inilah barangkali yang menyebabkan pertumbuhan tanaman pada lahan pascatambang yang diteliti lebih buruk dibandingkan dengan tanaman pada HTI.

SIMPULAN

Sampai dengan umur empat tahun tumbuh pada lahan pascatambang yang sudah direklamasi, tanaman mangium menyerap C rata-rata dua kali lebih banyak daripada sengon, masing-masing 21,66 dan 10,35 Kg C/pohon. Meskipun massa C sebagian besar berada di atas permukaan tanah, tetapi pola sebaran massa C yang pada organ-organ tanaman berbeda antara mangium dan sengon. Pola sebaran (persentase) massa C antar pada organ tanaman mangium berturut-turut dari besar ke kecil: batang (60,66%), cabang & ranting (22,25%), akar (11,91%), dan daun (5,17%); sedangkan pada sengon: (45,22%), akar (32,46%), cabang & ranting (16,33%), dan daun (6%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang mendanai penelitian ini melalui skim Penelitian Strategis Nasional berdasarkan Surat Perjanjian No. 029/SP2H/PL/Dit.Litabmas/ III/ 2012 tertanggal 9 Maret 2012, dan pimpinan, serta staf PT Bukit Asam (PERSERO) Tbk yang telah menyediakan lokasi penelitian, akomodasi, dan lain-lain selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada pimpinan dan staf Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu yang telah membantu urusan administrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Elias, Wistara, N.J., Dewi, M & Purwitasari, H. 2010. Model persamaan masa karbon akar pohon dan root-shoot ratio massa karbon. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 16(3): 113–117.
- Elias & Wistara, N.J. 2009. Innovation in the methods of forest carbon stock estimation. Bahan presentasi. Bogor Agricultural University. http://www.benwood.edu/cms/dmdocuments/CO5_Seoul_Elias_and_Wistara.pdf. (21 November 2013).
- Hardjana, A.K. 2010. Potensi biomassa dan karbon pada hutan tanaman *Acacia mangium* di HTI. Surya Hutani Jaya,

- Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* **7** (4): 237–249.
- Jacinthe, P.A & Lal, R.** 2007. Carbon storage and minesoil properties in relation topsoil application techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J* **71**(6): 1788–1795.
- Lal, R., Follett, R.F & Kimble, J.M.** 2003. Achieving soil carbon sequestration in the United States: a challenge to the policy makers. *Soil Science* **168**(12): 827–845.
- Mudiyarso, D & Warsin, U.R.** 2000. Land cover change and above ground carbon stock: Implication for Southeast Asian Forest Management. In: *The Impacts of Land Use/Coer on Greenhouse Gas Emission in Tropical Asia*. ICSEA, Bogor, Indonesia and NIAES, Tsukuba, Japan. p: 69–75.
- Munawar, A., Indarmawan & Suhartoyo, H.** 2011. Litter production and decomposition rate in the reclaimed mined land under albizia and sesbania stands and their effects on some soil chemical properties. *Jurnal Tanah Tropika* **16**(1): 1–6.
- Nuraziza, I & Sulistyawati, E.** 2011. Simulation of carbon dynamics of *Acacia mangium* forest at Parungpanjang, Bogor, West Java, Indonesia using Century Model. *Environment and Natural Resources J* **9**(2): 11–18.
- Shrestha, R & Lal, R.** 2008. Offsetting carbon dioxide emissions through minesoil reclamation. In: Cleveland, C.T. (Ed). *Encyclopedia of Earth*. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. Washington, D.C.
- Sperow, M.** 2006. Carbon sequestration potential in reclaimed mine sites in seven East Central states. *J. Environ. Qual* **35**: 1428–1438.
- Sulaeman., Suparto & Eviati.** 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Air, Tanaman dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Subarudi, D., Djaenudin., Erwidodo & Cacho, O.** 2003. Growth and carbon sequestration potential of plantation forestry in Indonesia: I. *Paraserianthes falcataria* and *Acacia mangium*. Working paper CC08, 2003. ACIAR project ASEM 1999/093.
- Yuniawati, A. Budiaman, & Elias.** 2011. Estimasi potensi biomassa dn mass karbon hutan tanaman di lahan gambut (Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat di Pelalawan, Propinsi Riau). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **29**(4): 343–355.