

DINAMIKA CADANGAN KARBON SISTEM AGROFORESTRI GMELINA (*Gmelina arborea* Roxb.) PADA HUTAN RAKYAT DI TASIKMALAYA DAN BANJAR, JAWA BARAT

CARBON STOCK DYNAMICS OF GMELINA (*Gmelina arborea* Roxb.) BASED AGROFORESTRY IN PRIVATE FOREST, TASIKMALAYA AND BANJAR DISTRICT, WEST JAVA

M. Siarudin dan Yonky Indrajaya
Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry Ciamis
Jl. Raya Ciamis-Banjar km 4, Ciamis Jawa Barat
Email: msiarudin@yahoo.com

Diterima: 07 Maret 2017; direvisi: 21 Maret 2017; disetujui: 05 Mei 2017

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur cadangan karbon sistem agroforestri gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) dan dinamikanya pada beberapa daur pemanenan. Pengukuran cadangan karbon dilakukan pada bulan Maret - Oktober 2014 pada 17 lokasi di Kabupaten Tasikmalaya dan Kota Banjar, Provinsi Jawa Barat. Pengukuran cadangan karbon mengacu pada metode *Rapid Carbon Stock Appraisal* (RaCSA) dengan beberapa analisis tambahan. Dinamika cadangan karbon ditentukan berdasarkan daur biologi, dan daur teknis-1 (pemanenan pada diameter pohon 15 cm) dan daur teknis-2 (pemanenan pada diameter pohon 20 cm). Hasil penelitian menunjukkan karbon tersimpan pada tegakan agroforestri Gmelina di lokasi penelitian ini adalah rata-rata sebesar 170 ton/ha, terdiri dari 64 ton/ha karbon di atas permukaan tanah, dan 106 ton/ha. Daur optimal biologis (8 tahun) akan menghasilkan cadangan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 15 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 7 ton/ha/tahun. Daur teknis-1 (14 tahun) dan daur teknis-2 (24 tahun) menghasilkan karbon maksimal pada akhir daur masing-masing sebesar 23 ton/ha dan 28 ton/ha, dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur masing-masing sebesar 12 ton/ha/tahun dan 18 ton/ha/tahun berturut-turut.

Kata kunci: daur biologi, daur teknis, gmelina, sistem agroforestri

ABSTRACT

*This research aims at measuring carbon (C) stock of gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) agroforestry system and its carbon dynamics due to several harvesting rotations. Observation was conducted during March – October 2014, on 17 plots in private forest, located in Tasikmalaya and Banjar District, West Java Province. The C-stock measurement followed Rapid Carbon Stock Appraisal Method (RaCSA) with some additional analysis. The dynamic of C-stock was measured based on biological rotation, technical rotation-1 (harvesting at tree diameter of 15 cm) and technical rotation-2 (harvesting at tree diameter of 20 cm). The result of the study shows that average of C-stock in gmelina agroforest stand is 170 ton/ha, consisted of 64 ton/ha above ground C and 106 ton/ha below ground C. Biological rotation (8 years) results in maximum C-stock of 15 ton/ha at harvesting time, while the time averaged-C stock is 7 ton/ha/year. Technical rotation-1 (14 years) and technical rotation-2 (24 years) result in maximum C-stock of 23 ton/ha and 28 ton/ha respectively, while the time averaged-C-stock are 12 ton/ha/year and 18 ton/ha/year respectively.*

Keywords: agroforestry system, biological rotation, gmelina, technical rotation

PENDAHULUAN

Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) atau yang dikenal sebagai jati putih dalam dunia perdagangan, adalah salah satu jenis yang banyak dibudidayakan di lahan masyarakat. Jenis ini dipilih karena cepat tumbuh, dikenal teknik budidayanya, dapat dipanen dengan daur pendek, karakteristik kayunya yang baik, dan memiliki nilai ekonomi yang baik (Riyanto *et al.*, 2013; Roque and Fo, 2007; Lauridsen and Kjaer, 2002). Gmelina berdiameter kecil dapat dipanen pada

umur 7 - 10 tahun dengan harga yang bersaing dengan jenis cepat tumbuh lainnya seperti Sengon (Roshetko *et al.*, 2004). Kayu gmelina berwarna putih, tidak ada perbedaan yang jelas antara warna kayu gubal dan teras (Richter and Dallwitz, 2000), memiliki sifat kisaran berat jenis 0,33 - 0,51 dengan kelas awet V dan kelas kuat IV (Seng, 1990). Kayu gmelina umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku konstruksi ringan, pulp dan kertas, furniture, peti kemas, kerajinan kayu

dll. (Idris *et al.*, 2008; Soerianegara and Lemmens, 1994; Alrasjid dan Widiarti, 1992).

Penanaman gmelina di Tasikmalaya, Jawa Barat dan sekitarnya, menjadi salah satu program pengembangan hutan rakyat yang didukung pemerintah daerah setempat melalui pemberian bantuan bibit kepada petani. Petani seringkali menanam jenis gmelina dalam sistem agroforestri dengan tanaman musiman seperti kapulaga, cabai, jagung, dll.

Sistem penggunaan lahan dengan pola agroforestri pada hutan rakyat selain memiliki berbagai manfaat ekonomi langsung untuk masyarakat, juga memiliki manfaat jasa lingkungan seperti penyerapan karbon. Sistem agroforestri telah dikembangkan baik di negara berkembang maupun di negara maju untuk mengurangi laju emisi karbon (Nair *et al.*, 2009).

Penelitian mengenai cadangan karbon sistem agroforestri pada hutan rakyat di Indonesia telah dilakukan dengan hasil yang bervariasi. Sebuah studi yang cukup komprehensif pada beberapa pola penggunaan lahan di Indonesia menunjukkan bahwa pola agroforestri dapat menyimpan karbon antara 17 – 114 ton/ha (Swallow *et al.*, 2007). Penelitian di Lampung menunjukkan bahwa total karbon tersimpan di pekarangan pada semua *pool* karbon berkisar antara 56 - 174 ton/ha dengan rata-rata sebesar 107 ton/ha (Roschetko *et al.*, 2002). Beberapa hasil penelitian lainnya menunjukkan rata-rata dan kisaran karbon di atas permukaan tanah yang bervariasi seperti agroforestri kebun campuran di Bekasi sebesar 62 ton/ha (Adinugroho *et al.*, 2013); agroforestri kemenyan di Kabupaten Tapanuli Utara sebesar 51 - 66 ton/ha (Antoko, 2011); agroforestri di Langkat sebesar 57 - 63 ton/ha; dan agroforestri kebun campuran di Lampung sebesar rata-rata 43 ton/ha (Yuwono *et al.*, 2012).

Cadangan karbon pada sistem agroforestri dapat berbeda tergantung struktur dan komponen penyusunnya (Albrecht and Kandji, 2003). Cadangan karbon juga akan ditentukan oleh umur tegakan (Hairiah *et al.*, 2011), sehingga dinamika pada skala tegakan akan tergantung pada daur pemanenan yang diterapkannya. Informasi mengenai karbon tersimpan dan dinamikanya pada sistem agroforestri gmelina di hutan rakyat masih sangat terbatas. Penelitian ini memaparkan cadangan karbon sistem agroforestri gmelina serta dinamikanya pada beberapa model daur pemanenan. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi informasi dasar untuk pengembangan agroforestri

gmelina di hutan rakyat dalam mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Pengukuran cadangan karbon pada tegakan agroforestri gmelina dilakukan di 17 lokasi di Kecamatan Taraju, Kecamatan Sodonghilir dan Kecamatan Mangunreja Kabupaten Tasikmalaya, serta Kecamatan Pataruman dan Kecamatan Banjar, Kota Banjar, Provinsi Jawa Barat. Pemilihan lokasi didasarkan pada ketersediaan tegakan gmelina yang mewakili berbagai kelas umur. Total individu pohon yang diukur adalah sejumlah 1.058 pohon dari tegakan dengan umur 2 - 9 tahun.

Analisis biomasa dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Teknologi Agroforestry, Ciamis, sedangkan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penelitian dilakukan mulai bulan Maret – Desember 2014.

Metode Pengumpulan dan Analisis Data

1. Pengukuran cadangan karbon

Pengukuran cadangan karbon pada penelitian ini menggunakan prosedur *RaCSA/Rapid Carbon Stock Appraisal* (Hairiah *et al.*, 2011). Pengukuran biomassa dilakukan pada 5 komponen, yaitu: biomassa pohon, biomassa tanaman bawah, nekromassa berkayu, nekromassa tidak berkayu (seresah) dan bahan organik organik tanah. Plot pengukuran terdiri dari plot utama berukuran 5 m x 40 m, dan 6 sub plot berukuran 50 cm x 50 cm dalam setiap plot utama.

Pengukuran biomassa pohon dilakukan pada plot utama untuk pohon dengan diameter setinggi dada (*diameter at breast height/DBH*) 5 – 30 cm. Jika di dalam plot terdapat pohon dengan DBH lebih dari 30 cm, lebar plot utama diperluas menjadi 20 m x 100 m untuk mengukur pohon-pohon dengan DBH >30 cm tersebut. Setiap pohon dalam plot pengukuran dicatat jenisnya dan diukur DBH. Jenis pohon dari famili *Arecaceae* (palm) diukur juga tinggi pohonnya karena dipersyaratkan dalam persamaan allometrik perhitungan biomassa. Biomassa di atas permukaan tanah per pohon dihitung dengan persamaan allometrik umum Chave *et al.* (2005):

$$AGB = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148D + 0,207(\ln D)^2 - 0,028(\ln D)^3) \quad (1)$$

dimana ρ merupakan kerapatan kayu, dan D merupakan DBH (dalam cm). Data kerapatan kayu ρ yang digunakan dalam perhitungan persamaan (1) merujuk pada data berat jenis *Global Wood Density Database* (Zanne *et al.*, 2009) atau Seng (1990). Kandungan karbon diasumsikan sebesar 0,47 dari berat biomasnya (IPPC, 2006). Kandungan karbon

pohon (tidak memiliki satuan). Karena belum adanya studi tentang faktor bentuk pohon gmelina, faktor bentuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah faktor bentuk pohon jabon, yaitu 0,47 (Krisnawati *et al.*, 2011) mengingat secara fisiologis pohon gmelina mirip dengan pohon jabon.

Volume total gmelina dalam tegakan ditentukan dengan memperhitungkan perkiraan total jumlah pohon gmelina per ha dalam satu tegakan dengan volume individu pohon pada persamaan-4. Estimasi jumlah pohon per ha diasumsikan dengan kepadatan awal 2500 dan tingkat kematian pohon diasumsikan sama dengan tingkat kematian pohon tegakan manglid, yaitu rata-rata 5 % per tahun (Siarudin *et al.*, 2014). Tingkat kematian pohon gmelina diasumsikan sama tiap tahun. Estimasi jumlah pohon per ha pada tahun ke-*t* adalah:

$$N_t = N_{t-1}(1 - 0,05) \dots\dots\dots(5)$$

Cadangan karbon total gmelina dalam satu tegakan pada setiap kelas umur dihitung dengan persamaan:

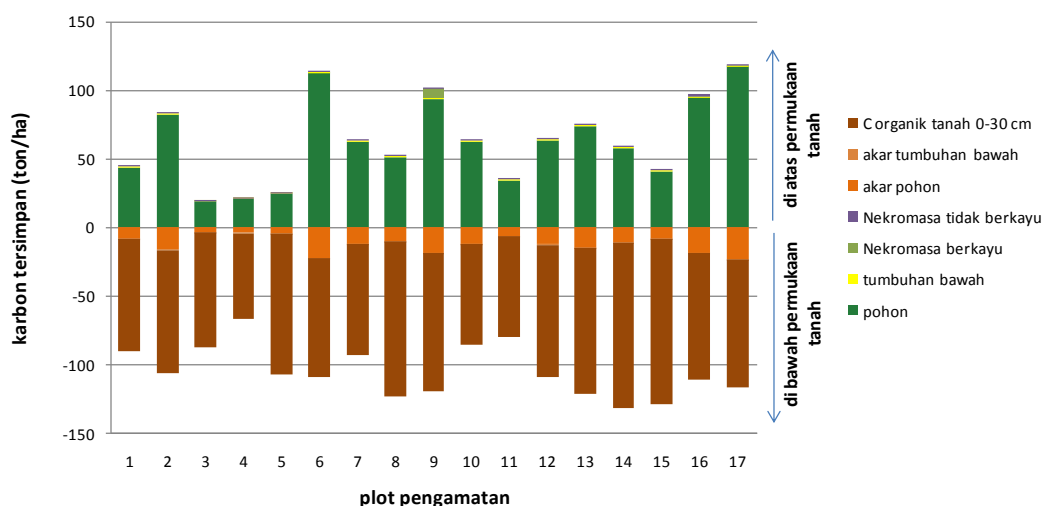
$$C = \rho V \times 0,47$$

dimana *C* adalah cadangan karbon total dalam tegakan Gmelina (dalam ton/ha), ρ adalah kerapatan kayu Gmelina, yaitu 0,413 gr/cm³ (Zanne *et al.*, 2009), *V* adalah volume total gmelina per hektar (dalam m³/ha) dan 0,47 adalah kandungan karbon tersimpan dalam biomassa menurut IPCC (2006).

Daur pemanenan yang digunakan dalam perhitungan dinamika cadangan karbon adalah: 1) Daur biologis, yaitu tegakan akan dipanen ketika riap volume rata-rata tahunan/MAI (*Mean Annual Increment*) sama dengan riap volume tahunan berjalan/CAI (*Current Annual Increment*) (Amacher *et al.*, 2009; Bettinger *et al.*, 2009); 2) Daur teknis-1, yaitu tegakan akan dipanen saat pohon gmelina mencapai diameter 15 cm; dan 3) Daur teknis-2, yaitu tegakan akan dipanen saat pohon gmelina mencapai diameter 20 cm. Daur teknis berdasarkan persyaratan diameter tertentu didasarkan pada informasi yang didapatkan di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Cadangan Karbon Sistem Agroforestri Gmelina

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa karbon tersimpan pada hutan rakyat pola agroforestri Gmelina di lokasi penelitian ini adalah rata-rata sebesar 170 ton/ha (terdiri dari 64 ton/ha karbon di atas permukaan tanah, dan 106 ton/ha karbon di bawah permukaan tanah) dengan kisaran antara 89 - 236 ton/ha. Nilai cadangan karbon total tersebut lebih tinggi dari cadangan karbon pada sistem agroforestri manglid (*Magnolia champaca*) di Kabupaten Tasikmalaya sebesar 144 ton/ha (Siarudin *et al.*, 2014). Nilai kisaran cadangan karbon pada penelitian ini juga lebih tinggi dari agroforestri kopi di DAS Konto yang dilaporkan Kurniawan *et al.* (2010) dengan kisaran karbon total antara 99 - 111 ton/ha.

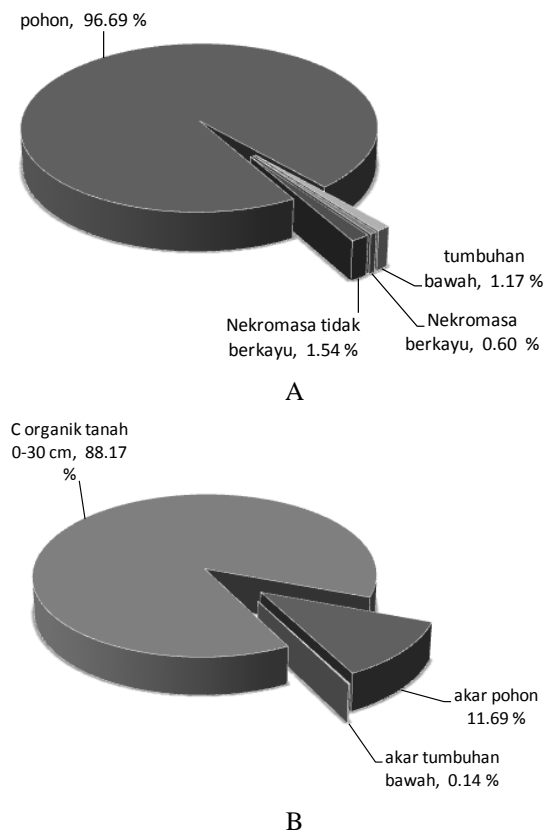


Gambar 2. Cadangan karbon pada hutan rakyat sistem agroforestri gmelina

Besaran cadangan karbon bervariasi antar lokasi, dimana karbon di atas permukaan tanah rata-rata adalah sebesar 64 ton/ha dengan kisaran antara 20 ton/ha sampai dengan 119 ton/ha. Nilai rata-rata karbon di atas permukaan tanah ini lebih tinggi dari

sistem agroforestri manglid di Kabupaten Tasikmalaya yang hanya sebesar 44 ton/ha (Siarudin *et al.*, 2014). Sistem agroforestri gmelina di Tasikmalaya juga menunjukkan kisaran cadangan karbon yang lebih tinggi di Jawa Barat menurut

Rusulono (2006) dalam Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan (2010), yaitu antara 2 - 80 ton/ha. Beberapa hasil penelitian lainnya juga menunjukkan rata-rata dan kisaran karbon di atas permukaan tanah yang relatif setara seperti agroforestri kebun campuran di Bekasi sebesar 62 ton/ha (Adinugroho *et al.*, 2013); agroforestri kemenyan di Kabupaten Tapanuli Utara sebesar 51-66 ton/ha (Antoko, 2011); agroforestri di Langkat sebesar 57 - 63 ton/ha. Sementara hasil penelitian di agroforestri kebun campuran di Lampung oleh Yuwono *et al.* (2012) menunjukkan nilai yang lebih rendah, yaitu rata-rata 43 ton/ha.



Gambar 3. (A) Persentase komponen penyusun karbon tersimpan di atas permukaan tanah; dan (B) Karbon tersimpan di bawah permukaan tanah

Gambar 3 menunjukkan bahwa carbon pohon menyumbang karbon total di atas permukaan tanah sebesar 96,7 % (61,7 ton/ha) disusul bagian nekromasa tidak berkayu sebesar 1,5 % (1 ton/ha), biomasa tumbuhan bawah sebesar 1,2 % (0,8 ton/ha) dan nekromasa berkayu sebesar 0,6 % (0,4 ton/ha). Nilai tersebut sebanding dengan laporan Kurniawan *et al.* (2010) di DAS Kali Konto Hulu, Kabupaten Malang, dimana persentase karbon dari pohon,

nekromasa dan tumbuhan bawah masing-masing sebesar 93,11 %, 5,31 % dan 1,54 %.

Karbon tersimpan di bawah permukaan tanah juga nampak bervariasi berkisar antara 67 - 132 ton/ha dengan rata-rata 106 ton/ha. Jika dibandingkan dengan sistem agroforestri manglid di Kabupaten Tasikmalaya (Siarudin *et al.*, 2014), nilai rata-rata tersebut relatif setara yaitu sebesar 101 ton/ha. Sebagian besar karbon tersimpan tersebut ada dalam bentuk C organik tanah kedalaman 0 - 30 cm yaitu sebesar 88,2 % (93 ton/ha), disusul akar pohon sebesar 11,7 % (12 ton/ha) dan akar tumbuhan bawah sebesar 0,1 % (0,2 ton/ha). Kisaran karbon tanah pada penelitian ini sebanding dengan laporan Nair *et al.* (2009) di mana C tanah pada kedalaman 0 - 45 cm pada agroforestri *Pseudotsuga* sp. dan *Trifolium* sp. di AS sebesar 95,89 ton/ha; demikian juga dengan karbon tanah pada kedalaman 0 - 40 cm pada agroforestri kopi ternaungi sebesar 92,27 ton/ha.

Dinamika Cadangan Karbon Sistem Agroforestri Gmelina

Dinamika cadangan karbon tegakan gmelina akan ditentukan oleh model pertumbuhan dan daur pemanenannya. Cadangan karbon maksimal pada akhir daur dan cadangan rata-rata sepanjang daur akan tergantung waktu pemanenannya, dimana cadangan karbon akan meningkat dengan semakin panjangnya daur pemanenan.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai CAI dan MAI memiliki nilai yang sama pada umur pohon gmelina 8 tahun. Hal ini berarti daur optimal secara biologis pada tahun ke-8 setelah penanaman. Berdasarkan daur ini, pada saat pemanenan diperkirakan jumlah pohon 1.658 pohon/ha dengan total volume 78,2 m³/ha. Pada akhir daur ini, didapatkan diameter rata-rata pohon 11,5 cm (Tabel 1). Jika pemanenan pohon gmelina mempertimbangkan diameter tertentu (daur teknis), maka daur optimal akan lebih panjang dari daur biologis ini. Jika pemanenan dilakukan pada saat diameter 15 cm (daur teknis-1), maka daur menjadi 14 tahun dengan perkiraan jumlah pohon 1219 pohon/ha dan volume total 122 m³/ha. Jika pemanenan dilakukan pada diameter 20 cm (daur teknis-2), maka daur menjadi 24 tahun dengan perkiraan jumlah pohon 730 pohon/ha dan volume total 146 m³/ha. Selain daur biologis dan teknis, daur finansial dengan mempertimbangkan tambahan pendapatan yang diperoleh dari karbon menjadi lebih panjang tergantung dari harga karbonnya (Indrajaya & Siarudin, 2015b).

Tabel 1. Estimasi volume pohon dan cadangan karbon per hektar berdasarkan umur pohon

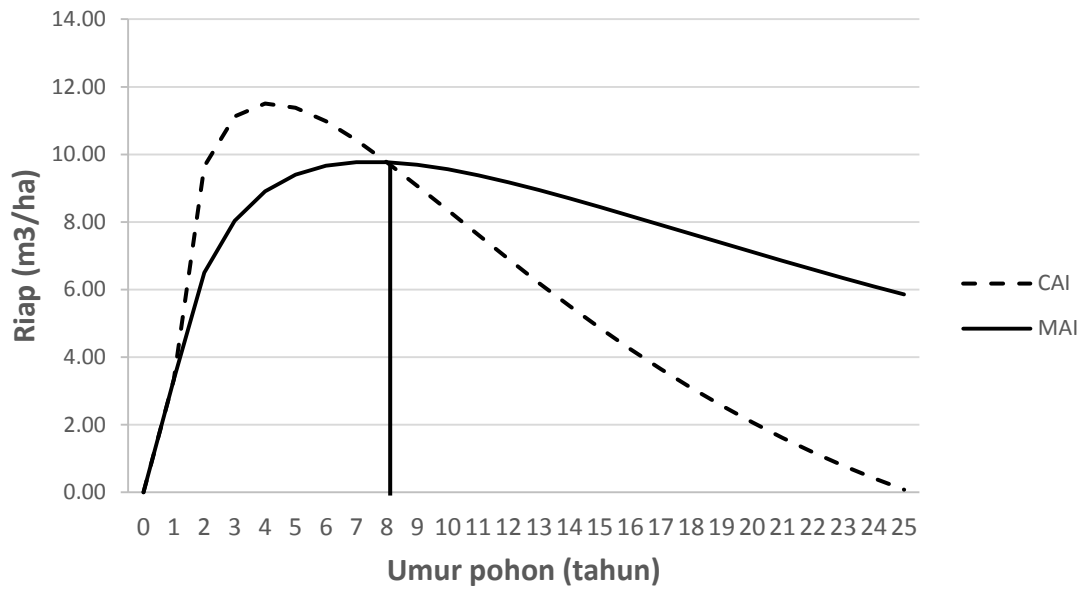
Umur (Tahun)	Populasi (N/ha)	D (cm)	H (m)	Volume pohon (m ³)	Volume total (m ³ /ha)	CAI (m ³ /ha)	MAI (m ³ /ha)	C (ton/ha)
0	2.500	-	-	-	-	-	-	-
1	2.375	4,01	2,38	0,001	3,35	3,35	3,35	0,7
2	2.256	5,69	4,82	0,006	13,00	9,65	6,50	2,5
3	2.143	6,98	6,25	0,011	24,12	11,12	8,04	4,7
4	2.036	8,08	7,26	0,017	35,62	11,51	8,91	6,9
5	1.934	9,04	8,04	0,024	47,01	11,38	9,40	9,1
6	1.838	9,92	8,69	0,032	57,99	10,98	9,66	11,3
7	1.746	10,72	9,23	0,039	68,41	10,42	9,77	13,3
8	1.659	11,47	9,70	0,047	78,18	9,77	9,77	15,2
9	1.576	12,18	10,11	0,055	87,25	9,07	9,69	16,9
10	1.497	12,84	10,48	0,064	95,60	8,34	9,56	18,6
11	1.422	13,48	10,82	0,073	103,21	7,62	9,38	20,0
12	1.351	14,09	11,12	0,082	110,11	6,90	9,18	21,4
13	1.283	14,67	11,41	0,091	116,30	6,19	8,95	22,6
14	1.219	15,23	11,67	0,100	121,81	5,51	8,70	23,6
15	1.158	15,77	11,91	0,109	126,67	4,86	8,44	24,6
16	1.100	16,29	12,14	0,119	130,91	4,24	8,18	25,4
17	1.045	16,80	12,35	0,129	134,56	3,65	7,92	26,1
18	993	17,29	12,55	0,139	137,65	3,09	7,65	26,7
19	943	17,77	12,74	0,149	140,21	2,57	7,38	27,2
20	896	18,24	12,92	0,159	142,29	2,07	7,11	27,6
21	851	18,70	13,09	0,169	143,90	1,61	6,85	27,9
22	809	19,14	13,26	0,179	145,09	1,19	6,59	28,2
23	768	19,58	13,41	0,190	145,88	0,79	6,34	28,3
24	730	20,00	13,56	0,200	146,30	0,42	6,10	28,4
25	693	20,42	13,71	0,211	146,38	0,08	5,86	28,4
26	659	20,83	13,85	0,222	146,15	(0,23)	5,62	28,4
27	626	21,23	13,98	0,233	145,63	(0,52)	5,39	28,3
28	595	21,63	14,11	0,244	144,85	(0,78)	5,17	28,1
29	565	22,01	14,23	0,255	143,83	(1,02)	4,96	27,9
30	537	22,39	14,35	0,266	142,59	(1,24)	4,75	27,7

Sumber: Indrajaya & Siarudin (2015a)

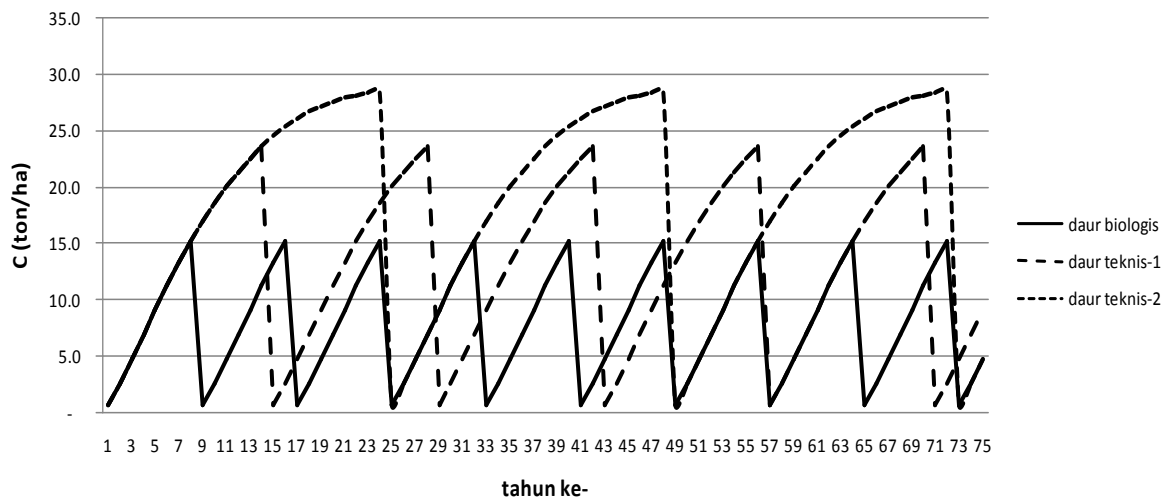
Keterangan: D = Diameter setinggi dada; H = Tinggi pohon; CAI = Riap volume tahun berjalan; MAI = Riap volume rata-rata tahunan; C = Cadangan karbon

Gambar 4 menunjukkan perbedaan dinamika cadangan karbon tegakan melina pada beberapa daur pemanenan. Daur optimal biologis (8 tahun) akan menghasilkan cadangan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 15 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 7 ton/ha/tahun. Daur teknis untuk menghasilkan diameter minimal 15 cm akan menghasilkan karbon maksimal pada akhir daur

sebesar 23 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 12 ton/ha/tahun. Sementara daur teknis untuk menghasilkan diameter minimal 20 cm akan menghasilkan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 28 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 18 ton/ha/tahun.



Gambar 4. Daur optimal biologis tegakan Gmelina
Sumber: Indrajaya & Siarudin (2015a)



Gambar 4. Estimasi dinamika cadangan karbon di atas permukaan tanah sistem agroforestri Gmelina pada beberapa daur pemanenan

KESIMPULAN

Karbon tersimpan pada sistem agroforestri gmelina di lokasi penelitian ini adalah rata-rata sebesar 170 ton/ha, terdiri dari 64 ton/ha karbon di atas permukaan tanah, dan 106 ton/ha.

Daur optimal biologis (8 tahun) akan menghasilkan cadangan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 15 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 7 ton/ha/tahun. Daur teknis untuk menghasilkan diameter minimal 15 cm akan menghasilkan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 23 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon

sepanjang daur sebesar 12 ton/ha/tahun. Daur teknis untuk menghasilkan diameter minimal 20 cm akan menghasilkan karbon maksimal pada akhir daur sebesar 28 ton/ha dengan rata-rata cadangan karbon sepanjang daur sebesar 18 ton/ha/tahun.

SARAN

Penerapan daur pemanenan gmelina perlu mempertimbangkan dinamika cadangan karbon yang dihasilkan, sebagai salah satu aspek lingkungan yang berkontribusi pada pengelolaan hutan rakyat yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh rekan-rekan teknis yang telah membantu pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. C., Indrawan, A., Supriyanto, dan Arifin, H. S., (2013). Kontribusi agroforestry terhadap cadangan karbon di hulu DAS Kali Bekasi. *Jurnal Hutan Tropis*, 1(3), 242 - 249.
- Albrecht, A. & Kandji, S. T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 99, 15 - 27.
- Alrasjid, H., dan Widiarti, A. (1992). Teknik Penanaman dan Pemungutan Hasil *Gmelina arborea*. Petunjuk Teknis No 36, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan. Bogor. 11 Hal.
- Amacher, G. S., Ollikainen, M., Koskela, E. (2009). *Economics of forest resources*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Antoko, B. S. (2011). Nilai insentif karbon hutan rakyat kemenyan berbasis voluntary carbon market di Kabupaten Tapanuli Utara. Thesis tidak diterbitkan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., dan Grebner, D. L. (2009). *Forest Management and Planning*. Burlington USA: Academic Press.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B., Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87 - 99.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., Rahayu, S. (2011). Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan. Bogor Indonesia: World Agroforestry Center,
- Idris, M. M., Rachman, O., Pasaribu, R. A., Roliadi, H., Hadjib, N., Muslich, M., Jasni, Rulliaty, S., dan Siagian R. M. (2008). *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Indrajaya, Y., & Siarudin, M. (2015a). Daur tebang optimal hutan rakyat *gmelina (Gmelina arborea Roxb.)* di Tasikmalaya dan Banjar, Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi Kehutanan*, 12(2), 109 - 116.
- Indrajaya, Y., & Siarudin, M. (2015b). The effects of carbon payment on optimal rotation of *Gmelina* forests. Paper presented at the INAFOR 3, Bogor, Indonesia.
- IPCC. (2006). IPCC Guideline 2006 Guidelines for national green house gas inventories. In IPCC.
- Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. (2011a). *Anthocephalus cadamba Miq.*: Ekologi, Silvikultur, Produktivitas. Bogor: CIFOR.
- Kurniawan, S., Prayogo, C., Widiyanto, Zulkarnain, M. T., Lestari, N. D., Aini, F. K., Hairiah, K. (2010). Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur: RACSA (Rapid Carbon Stock Appraisal). Working paper 120. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Program.
- Nair, P. K. R., Kumar, B. M., Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 172, 10 - 23.
- Richter, H. G., and Dallwitz, M. J. (2000). Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. <http://delta-intkey.com/>. Diakses pada tanggal 26 Januari 2015.
- Riyanto, A. B., Patola, E., dan Siswadi. (2013). Uji Dosis Frekuensi Aplikasi Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Bibit Jati Putih (*Gmelina arborea Roxb.*). *INNOFARM: Jurnal Inovasi Pertanian* 12 (2), 1 - 13.
- Roschetko, J. M., Delaney, M., Hairiah, K., Purnomosidhi, P. (2002). Carbon stocks in Indonesian homegarden systems: can smallholder systems be targeted for increased carbon storage?. *American Journal of Alternative Agriculture*, 17, 1 - 11.
- Roschetko, J. M., Mulawarman, Purnomosidhi, P. (2004). *Gmelina arborea* - a viable species for smallholder tree farming in Indonesia?. *New Forest*, 28, 207-215.
- Seng, O. D. (1990). Specific Gravity of Indonesian Woods and Its Significance for Practical Use. Diterjemahkan oleh Suwarsono P.H. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor, Indonesia: Departemen Kehutanan Indonesia.
- Siarudin, M., Indrajaya, Y., Badrunasar, A. (2015). Pemanfaatan lahan agroforestri untuk mendukung mekanisme REDD+. Laporan tidak diterbitkan, Balai Penelitian Teknologi Agroforestry, Badan Litbang Kehutanan, Ciamis.
- Siarudin, M., Indrajaya, Y., Suhaendah, E., Badrunasar, A. (2014). Laporan Hasil Penelitian "Pemanfaatan Lahan Agroforestry untuk Mendukung Mekanisme REDD+". Laporan tidak diterbitkan, Balai Penelitian Teknologi Agroforestry, Badan Litbang Kehutanan, Ciamis.
- Soerianegara, I., and Lemmens, R. H. M. J (eds). (1994). *Plant Resources of South-East Asia (5): (1) Timber trees: Major Commercial Timbers*. Prosea Foundation. Bogor. Indonesia
- Swallow, B., Van Noordwijk, M., Dewi, S., Murdiyarso, D., White, D., Gockowski, J., Hyman, G., Budidarsono, S., Robiglio, V., Meadu, V., Ekadinata, A., Agus, F., Hairiah, K., Mbile, P. N., Sonwa, D. J., Weise, S. (2007). Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. An Interim Report by the ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins, Nairobi, Kenya.
- Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan. (2010). Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia. Bogor: Pusat Litbang

- Perubahan Iklim dan Kebijakan. Badan Litbang Kehutanan.
- Yuwono, S. B, Hilmanto, R., dan Qurniati, R. (2012). Estimasi total penyerapan karbon tersimpan pada sistem agroforestri di Desa Sumber Agung untuk mendukung Rencana Aksi Nasional Gas Rumah Kaca. Seminar Agroforestri III.
- Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. and Chave, J. (2009). Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>

