

POTENSI CADANGAN KARBON PADA SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS KARET

(Carbon Stock of Rubber Based Agroforestry System)

Sahuri

Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet
Jl. Raya Palembang-P. Balai Km 29, PO BOX 1127, Palembang 30001
email: sahuri_agr@ymail.com

Diterima 1 Januari 2018, direvisi 17 Agustus 2019, disetujui 21 Agustus 2019

ABSTRACT

Rubber tree (Hevea brasiliensis Muell. Arg) has a very big role in economy and absorption of CO₂ through the implementation of rubber based agroforestry. This study aims to determine the potential for carbon sequestration in rubber based agroforestry. The experiment was conducted at Sembawa Research Station from January until April 2016 on immature rubber plantation of IRR 112 clone 1 year old, with spacing of 6 m x 3 m (550 tree/ha). The experiment implements randomized block design, three replications. The treatments applies six planting patterns i.e PT1: rubber + pineapple, PT2: rubber + sorghum, PT3: rubber + upland rice, PT4: rubber + corn, PT5: rubber + soybean, and PT6: monoculture rubber. Data are statistically analyzed using ANOVA, followed by DMRT at the level of 5%. Measurements of carbon stock consist of rubber biomass, intercrops biomass, and soil organic matter. The results show that the average of carbon stocks in rubber based agroforestry on 1 year old rubber trees is 2.15 tons C/ha significantly higher than monoculture rubber system, about 0.57 tons C/ha. This is due to the carbon enrichment from rubber intercrops about 1.57 tons C/ha/planting season.

Keywords: Carbon sequestrations; cropping pattern; intercrops; rubber.

ABSTRAK

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) berperan penting dalam perekonomian dan penyerapan CO₂. Penyerapan CO₂ dapat ditingkatkan melalui penerapan sistem agroforestri berbasis karet. Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi penyerapan karbon pada sistem agroforestri berbasis karet. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa dari Januari sampai April 2016 pada areal TBM klon IRR 112 umur 1 tahun dengan jarak tanam 6 m x 3 m (550 pohon/ha). Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari 6 pola tanam yaitu PT1: karet + nanas, PT2: karet + sorgum, PT3: karet + padi gogo, PT4: karet + jagung, PT5: karet + kedelai, dan PT6: karet monokultur. Data dianalisis dengan sidik ragam, jika berbeda nyata diuji lanjut DMRT pada taraf 5%. Pengukuran cadangan karbon terdiri dari biomassa pohon, biomassa tanaman sela, dan bahan organik tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata cadangan karbon sistem agroforestri berbasis karet pada tanaman karet berumur 1 tahun adalah 2,15 ton C/ha nyata lebih tinggi daripada sistem karet monokultur sebesar 0,57 ton C/ha. Hal ini karena pada sistem agroforestri karet terdapat penambahan karbon dari tanaman sela sebesar 1,57 ton C/ha/musim tanam.

Kata kunci: Penyerapan karbon; pola tanam; tanaman sela; karet.

I. PENDAHULUAN

Tingkat emisi karbon di Indonesia masih akan terus meningkat dari 1,72 Gton CO₂e pada tahun 2000 menjadi 2,95 Gton CO₂e pada tahun 2020. Salah satu penyebabnya adalah laju deforestasi dan degradasi hutan yang tinggi, mencapai 1-2 juta ha/tahun (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Oleh karena itu, perlu upaya meningkatkan kualitas hutan sehingga tetap mampu mempertahankan fungsi ekologi hutan sebagai penyangga sistem kehidupan. Program pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI) berbasis karet dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan potensi hutan, baik dalam bentuk pasokan kayu maupun cadangan karbon (Boerhendy & Agustina, 2006; Naji *et al.*, 2014; Sahuri, 2016). Hal ini karena tanaman karet sama seperti tanaman hutan, selain kayunya berpotensi untuk industri juga dapat menyerap gas karbondioksida (CO₂) untuk fotosintesis (Yulyana, 2005; Cesylia, 2009; Snoeck *et al.*, 2013; Maggiotto *et al.*, 2014).

Indonesia memiliki luas lahan perkebunan karet terbesar di dunia mencapai 3,6 juta ha, mengungguli Thailand (2,67 juta ha) dan Malaysia (1,02 juta ha) (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Cadangan karbon pada perkebunan karet rakyat umur 5, 10, dan 15 tahun masing-masing sebesar 0,142 ton C/ha, 0,659 ton C/ha, dan 1,298 ton C/ha (Yulyana, 2005). Cadangan karbon pada perkebunan karet besar umur 3 tahun sebesar 2,3 ton C/ha (Sirait & Sahuri, 2014), sedangkan pada umur 25 tahun sebesar 39,13 ton C/ha (Cesylia, 2009).

Cadangan karbon pada perkebunan karet rakyat berumur 20 tahun di Sumatera Selatan yang menggunakan bibit *seedling* sebesar 19,8 ton C/ha, sedangkan yang menggunakan bibit klon unggul sebesar 42,4 ton C/ha (Supriadi, 2012). Cadangan karbon pada perkebunan karet rakyat umur 10 tahun di Sumatera Utara sebesar 20,58 ton C/ha (Saragih, Muhti, & Hanafiah, 2014). Cadangan karbon pada tanaman karet belum menghasilkan (TBM)

umur 1 dan 2 tahun berkontribusi terhadap penambahan karbon masing-masing sebesar 0,98 dan 3,28 ton C/ha (Supriadi & Ferry, 2014).

Potensi cadangan karbon pada tanaman karet dalam luasan 1 ha masih lebih rendah jika dibandingkan dengan tanaman *Acacia crassiparva*. Hal ini karena adanya perbedaan kerapatan tegakan, kesuburan lahan, dan kondisi tanah. Kerapatan tanaman karet dalam luasan 1 ha lebih rendah dibandingkan tanaman *A. crassiparva*. Menurut Adiriono (2009), potensi cadangan karbon tegakan *A. crassiparva* kelas umur 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 tahun di HTI PT SBA *Wood Based Industries* Sumatera Selatan berturut-turut adalah 3,84 ton C/ha, 10,86 ton C/ha, 17,27 ton C/ha, 23,13 ton C/ha, 27,74 ton C/ha, 35,77 ton C/ha, 31,54 ton C/ha, dan 32,44 ton C/ha. Sementara Limbong (2009) menunjukkan bahwa potensi cadangan karbon tegakan *A. crassiparva* kelas umur 2, 4, dan 6 tahun di HTI PT SBA *Wood Based Industries* Sumatera Selatan berturut-turut adalah 11,80 ton C/ha, 10,55 ton C/ha, dan 14,20 ton C/ha.

Laju peningkatan emisi CO₂ juga perlu diimbangi oleh penyerapannya melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan atau tanaman dan organisme lainnya. Sistem agroforestri menjadi salah satu alternatif yang sangat potensial untuk meningkatkan cadangan karbon dan mempertahankan keanekaragaman hayati (Hairiah & Rahayu, 2007; Paudel, Tiwari, Bajracharya, Raut, & Sitaula, 2017). Agroforestri adalah sistem penggunaan lahan yang mengkombinasikan pepohonan dengan tanaman pertanian untuk meningkatkan keuntungan, baik secara ekonomis maupun lingkungan (Supriadi & Pranowo, 2015). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri sangat strategis untuk pencadangan karbon yang potensial. Menurut Montagnini & Nair (2004), rata-rata cadangan karbon melalui sistem ini pada umur 10, 15, dan 20 tahun masing-masing sekitar 9 ton C/ha, 21 ton C/ha, dan 50 ton C/ha pada daerah *semiarid*,

subhumid, dan *humid*. Adinugroho (2011) menambahkan rata-rata cadangan karbon pada sistem agroforestri berbasis karet umur 20 tahun mencapai 2,28 ton C/ha. Selanjutnya Haryati, Mahyudin, Fithria, & Haris (2014) menyatakan bahwa estimasi cadangan karbon yang tersimpan pada sistem agroforestri karet umur 3, 5, dan 7 tahun masing-masing sekitar 5,85 Mg C/ha, 6,03 Mg C/ha, dan 7,16 Mg C/ha.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi cadangan karbon pada berbagai pola agroforestri berbasis karet pada awal pertumbuhannya dan mengkaji peranan tanaman karet sebagai alternatif dalam peningkatan serapan karbon.

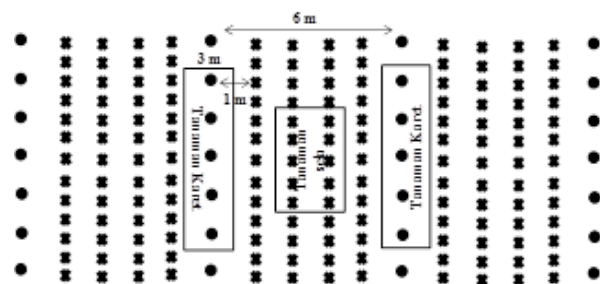
II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Laboratorium Tanah dan Pemupukan Balai Penelitian Sembawa. Penelitian dilaksanakan dari Januari sampai April 2016 pada areal TBM klon IRR 112 berumur 1 tahun. Penelitian merupakan percobaan faktor tunggal Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Faktor perlakuan terdiri dari 6 pola tanam (PT), yaitu PT1: tanaman karet + nanas (*Ananas comosus* L.), PT2: tanaman karet + sorgum (*Sorghum bicolor* L), PT3: tanaman karet + padi gogo (*Oryza sativa* L.), PT4: tanaman karet + jagung (*Zea mays* L.), PT5: tanaman karet + kedelai (*Gycine max* L.), dan PT6: karet monokultur. Jarak tanam tanaman karet adalah 6 m x 3 m (550 tanaman/ha), nanas adalah 100 cm x 50 cm (16.000 tanaman/ha), sorgum adalah 70 cm x 15 cm (76.190 tanaman/ha), padi gogo adalah 40 cm x 10 cm (200.000 tanaman/ha), jagung adalah 80 cm x 20 cm (50.000 tanaman/ha), dan kedelai adalah 40 cm x 10 cm (200.000 tanaman/ha).

Pengukuran biomassa tanaman karet dilakukan dengan cara non-destruktif sampling (tanpa merusak contoh) yaitu dengan cara mengukur tinggi dan diameter pohon setinggi dada (*diameter at breast*

height – DBH atau $\pm 1,3$ m dari permukaan tanah) (Agevi, Onwonga, Kuyah, & Tsingalia, 2017). Jumlah pengukuran DBH pohon adalah 10 tanaman pada masing-masing pola tanam dengan menerapkan metode penyerapan plot secara acak sistematis (Manuri, Putra, & Saputra, 2011).

Pendugaan biomassa tanaman sela dengan metode destruktif dengan cara pengambilan tanaman contoh secara *purposive*. Tanaman contoh diambil di bagian tengah plot sebanyak 10 tanaman pada setiap ulangan pola tanam. Contoh tersebut ditimbang berat basah dan selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 2 x 24 jam lalu ditimbang bobot massa keringnya. *Layout* dan pengambilan tanaman contoh tanaman karet dan tanaman sela disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 *Layout* pola tanam agroforestri berbasis karet

Figure 1 *Layout of rubber-based agroforestry planting patterns.*

Pendugaan cadangan karbon pada tumbuhan bawah sistem monokultur menggunakan metode destruktif, yaitu dengan cara pengambilan contoh tumbuhan bawah secara *purposive*. Petak contoh dibuat menggunakan metode *Quadran Sampling Technique*. Petak contoh yang digunakan berupa bujur sangkar berukuran 100 cm x 100 cm dengan 3 kali ulangan pada tiap pola tanam monokultur di gawangan tanaman karet. Tumbuhan bawah yang dijadikan contoh adalah tumbuhan atau tanaman yang berada dalam petak contoh atau $\geq 50\%$ dalam petak contoh. Petak contoh untuk tumbuhan bawah ditempatkan pada gawangan tanaman karet. Untuk mengetahui jenis tumbuhan

bawah yang mendominasi maka dilakukan identifikasi secara morfologis. Jumlah tumbuhan bawah setiap spesies yang tumbuh dihitung pada tiap petak contoh. Tumbuhan yang diidentifikasi adalah tumbuhan yang telah memiliki organ lengkap (akar, batang, daun, dan bunga). Masing-masing jenis yang terdapat dalam petak contoh diambil dengan bobot yang sama sebanyak 200g. Contoh tersebut selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 2 x 24 jam lalu ditimbang bobot massa keringnya.

Pengukuran cadangan karbon tanah diukur berdasarkan kandungan karbon organik (C-organik) dengan mengambil contoh tanah utuh menggunakan ring sampel berukuran tinggi 7,0 cm dan diameter 5,5 cm pada kedalaman 0-20 cm. Pengambilan sampel contoh tanah dilakukan dalam keadaan air kapasitas lapang.

Untuk mengetahui nilai C yang terkandung dalam tanaman dan tanah, digunakan beberapa persamaan sebagai berikut:

1. Pendugaan biomassa tanaman karet dihitung menggunakan persamaan alometrik Cesyilia (2009):

$$W = 419 - 16,9D + 0,322D^2 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: W = Biomassa kering pohon (kg); dan D = Diameter pohon setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah).
2. Pendugaan biomassa tanaman sela dan tumbuhan bawah dihitung dengan persamaan (Hairiah & Rahayu, 2007; Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu, 2011):

$$W = (BK \text{ sampel} / BB \text{ sampel}) \times \text{Total BB} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: W = Biomassa kering pohon (kg); BK = Berat kering (g); dan BB = Berat basah (g).
3. Pendugaan kandungan C dari biomassa dihitung dengan faktor konversi (Usmadi, Hidayat, Yuzammi, & Asikin, 2015):

$$C = 0,5 W \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: C = Kandungan karbon (kg/pohon); dan W = Biomassa kering pohon (kg).
4. Pendugaan kandungan C tanah dihitung menggunakan persamaan (Kavinchan, Wangpakapattanawong, Elliott, Chairuangsi, & Pinthong, 2015):

$$KC = Bjt \times A \times Dt \times Co \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan: KC= Kandungan karbon (ton/ha); Bjt= Berat jenis tanah (g/cc atau ton/m³); A= Luas plot contoh (m²); Dt = Kedalaman tanah (m); dan Co= Kadar karbon (C-organik) (%).

5. Penghitungan penyerapan CO₂ (Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu, 2011):

$$\text{Serapan CO}_2 = BK \text{ pohon, tumbuhan bawah atau tanaman sela (ton/ha)} \times 0,46^* \times 3,67^{**} \dots\dots\dots(5)$$

Kadar C dalam bahan organik merupakan nilai kadar terpasang, yaitu 46% dan konversi C ke CO₂, menggunakan perbandingan antara berat atom CO₂/berat atom C (Hairiah & Rahayu, 2007). Kandungan bahan organik tanah (%) dihitung dengan persamaan 1,724 x % C-organik tanah (Sabaruddin, Fitri, & Lestari, 2009).

Analisis tanah dilakukan di laboratorium tanah dan pemupukan Balai Penelitian Sembawa. Perbedaan potensi karbon antara pola tanam agroforestri dan monokultur dianalisis menggunakan sidik ragam, jika berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% dengan program SAS 9.0 (Gomez & Gomez, 1995).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Tanaman Karet

Pada umur 1 tahun pertumbuhan lilit batang karet sistem agroforestri nyata lebih tinggi daripada monokultur (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa sistem agroforestri berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karet.

Tingginya pertumbuhan lilit batang karet pada sistem agroforestri disebabkan adanya pemeliharaan lahan yang baik melalui pemupukan N, P, K pada tanaman sela, aplikasi bahan organik dari sisa-sisa panen tanaman sela, pemeliharaan tanaman sela, penyiangan gulma, pengawasan, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman sela. Hal ini berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas lahan karet sehingga pertumbuhan tanaman karet sistem agroforestri menjadi lebih baik daripada tanaman karet monokultur. Hasil penelitian

Tabel 1 Pertumbuhan lilit batang karet pada sistem agroforestri dan monokultur

Table 1 The growth of girth in agroforestry and monoculture system

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Lilit batang (<i>Girth</i>) (cm)
	1 tahun (<i>1 year</i>)
Agroforestri (<i>Agroforestry</i>)	11,62a
Monokultur (<i>Monoculture</i>)	9,64b

Keterangan (*Remarks*): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (*Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%*).

Rodrigo, Stirling, Silva, & Pathirana (2005); Pansak (2015); Sahuri (2017) menunjukkan bahwa pertumbuhan karet masa TBM dipengaruhi oleh adanya tanaman sela, terutama pada aspek peningkatan pertumbuhan karet yang berkelanjutan, ketebalan kulit, hasil lateks, dan mempersingkat masa TBM.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa kandungan bahan organik tanah pada sistem agroforestri nyata lebih tinggi daripada sistem monokultur karena adanya aplikasi bahan organik dari biomassa sisa-sisa panen tanaman sela ke lahan karet. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Pathiratna & Perera (2006); Snoeck *et al.* (2013); Sahuri & Rosyid (2015) yang menunjukkan bahwa sistem agroforestri

berbasis karet dapat meningkatkan bahan organik tanah yang berasal dari sisa-sisa panen tanaman sela. Pathiratna (2006); Carlito, Solera, Rudy, & Alcalá (2007); Sahuri (2017) menambahkan bahwa adanya bahan organik dari sisa-sisa panen tanaman sela dan residu pupuk dari tanaman sela berpengaruh positif terhadap peningkatan produktivitas lahan karet, pertumbuhan lilit batang karet, dan produksi karet.

Pertumbuhan tanaman karet juga dipengaruhi oleh sistem pengolahan tanah pada saat pengolahan lahan untuk tanaman sela seperti pencangkulan, penggaruan, dan pembumbunan. Hal ini menyebabkan terangkatnya lapisan bawah tanah sehingga tanah menjadi gembur dan pertumbuhan serta perkembangan akar tanaman karet dan tanaman sela lebih baik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wibawa (2000); Sahuri & Rosyid (2015) yang menunjukkan bahwa perbaikan struktur tanah ultisol melalui pengolahan tanah dapat meningkatkan serapan unsur hara N dan P sehingga sistem perakaran menjadi lebih baik. Selanjutnya menurut Ar-riza, Nazemi, & Alwi (2001); Wibawa & Suryaningtyas (2001), tujuan utama dari pengolahan tanah adalah membentuk agregat yang stabil sehingga penanaman, perkecambahan, perkembangan akar, pergerakan air, dan udara akan lebih mudah dan bebas.

Tabel 2 Potensi kandungan bahan organik tanah pada sistem agroforestri dan monokultur

Table 2 The potency of soil organic matter content in agroforestry and monoculture system

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Kedalaman (<i>Depth</i>) (cm)	C-organik (<i>C-organic</i>) (%)	Kandungan bahan organik tanah (<i>Soil organic matter content</i>) (%)
Monokultur (<i>Monoculture</i>)	0–20	2,04b	3,51b
Agroforestri (<i>Agroforestry</i>)	0–20	3,17a	5,45a

Keterangan (*Remarks*): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (*Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%*).

B. Estimasi Biomassa Karbon, Cadangan Karbon, dan Serapan CO₂ pada Sistem Agroforestri dan Monokultur

Hasil pendugaan biomassa karbon pada berbagai pola tanam disajikan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan total biomassa pada pola tanam agroforestri (4,34 ton/ha) nyata lebih tinggi daripada pola tanam monokultur (1,18 ton/ha). Menurut Sorel (2007), cadangan karbon pada sistem agroforestri karet-coklat dan karet-gambir pada skenario umur 25 tahun masing-masing adalah 175,05 ton C/ha dan 170,05 ton C/ha, nyata lebih tinggi daripada cadangan karbon pada sistem karet monokultur seperti hasil penelitian Cesylia (2009) yaitu 97 ton C/ha dalam skenario umur 25 tahun. Selanjutnya Sirait & Sahuri (2014) juga menambahkan bahwa terdapat penambahan penyerapan karbon pada perkebunan karet besar dalam skenario umur 15 tahun pada sistem agroforestri karet-trembesi sebesar 0,92 ton C/ha.

Perbedaan biomassa karbon pada berbagai pola tanam dipengaruhi oleh jumlah kerapatan

tegakan tanaman. Terdapat perbedaan yang nyata sistem pola tanam terhadap biomassa karbon. Hal ini karena adanya perbedaan kerapatan tegakan tanaman sela antar sistem pola tanam dalam luasan 1 hektar lahan karet. Tabel 3 menunjukkan bahwa biomassa karbon nyata lebih tinggi pada karet pola tumpangsari padi gogo (PT3) karena kerapatan tegakan tanaman sela padi gogo lebih tinggi daripada tanaman sela yang lain. Sebaliknya pola tanam nenas (PT1) memiliki biomassa nyata lebih rendah daripada pola tanam yang lain karena kerapatan tegakan tanaman nenas lebih sedikit daripada pola tanam yang lain meskipun biomassa per individu tanaman nenas lebih tinggi daripada tanaman sela yang lain.

Tingginya total biomassa pada pola agroforestri karena adanya penambahan biomassa dari tanaman sela rata-rata 3,14 ton/ha/musim. Menurut Cesylia (2009); Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu (2011), serapan biomassa pada pola tanam agroforestri jauh lebih tinggi daripada sistem monokultur. Menurut Kuswandora (2012), adanya penanaman jagung dan kacang tanah sebagai

Tabel 3 Estimasi biomassa karbon pada berbagai pola tanam
Table 3 Estimation of carbon biomass on several planting pattern

Pola tanam (Planting pattern)	Perlakuan (Treatments)	Biomassa (Biomass) (ton/ha)	Total biomassa (Biomass total) (ton/ha)
PT6	Monokultur (Monoculture)	0,90	1,18b
	Tumbuhan bawah (Weeds)	0,28	
Rata-rata agroforestri (Agroforestry average)			4,34a
PT1	Karet (Rubber)	1,13	2,64c
	Nanas (Pineapple)	1,51	
PT2	Karet (Rubber)	1,18	4,84b
	Sorgum (Sorghum)	3,66	
PT3	Karet (Rubber)	1,14	6,41a
	Padi gogo (Upland rice)	5,27	
PT4	Karet (Rubber)	1,26	3,71bc
	Jagung (Corn)	2,45	
PT5	Karet (Rubber)	1,33	4,12b
	Kedelai (Soybean)	2,79	

Keterangan (Remarks): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%).

Tabel 4 Estimasi cadangan karbon pada berbagai pola tanam
 Table 4 Estimation of carbon stocks on several planting pattern

Pola tanam (<i>Planting pattern</i>)	Perlakuan (<i>Treatments</i>)	C (ton/ha)	Total C (ton/ha)
PT6	Monokultur (<i>Monoculture</i>)	0,43	0,57b
	Tumbuhan bawah (<i>Weeds</i>)	0,14	
Rata-rata agroforestri (<i>Agroforestry average</i>)			2,15a
PT1	Karet (<i>Rubber</i>)	0,54	1,29c
	Nanas (<i>Pineapple</i>)	0,75	
PT2	Karet (<i>Rubber</i>)	0,57	2,41ab
	Sorgum (<i>Sorghum</i>)	1,83	
PT3	Karet (<i>Rubber</i>)	0,55	3,19a
	Padi gogo (<i>Upland rice</i>)	2,64	
PT4	Karet (<i>Rubber</i>)	0,61	1,85b
	Jagung (<i>Corn</i>)	1,24	
PT5	Karet (<i>Rubber</i>)	0,64	2,03ab
	Kedelai (<i>Soybean</i>)	1,39	

Keterangan (*Remarks*): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (*Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%*).

tanaman sela pada tanaman karet umur 1 tahun dapat menambah biomassa karbon rata-rata sebesar 4,11 ton/ha/musim. Supriadi & Ferry (2014) juga melaporkan adanya penanaman karet muda umur 1 tahun dengan adanya tanaman sela jagung dan kacang tanah dapat berkontribusi terhadap penambahan biomassa karbon rata-rata sebesar 4,26 ton/ha/musim.

Hasil pendugaan cadangan karbon pada berbagai pola tanam disajikan pada Tabel 4. Tabel tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan rata-rata cadangan karbon pada pola tanam agroforestri (2,19 ton C/ha) nyata lebih tinggi daripada pola tanam secara monokultur (0,61 ton C/ha). Tingginya total cadangan karbon pada pola agroforestri karena adanya penambahan cadangan karbon dari tanaman sela rata-rata 1,57 ton C/ha/musim. Menurut Kuswandora (2012), adanya penanaman jagung dan kacang tanah sebagai tanaman sela pada tanaman karet umur 1 tahun dapat menambah cadangan karbon rata-rata sebesar 2,71 ton C/ha/musim. Supriadi & Ferry (2014) juga melaporkan adanya penanaman karet muda umur 1 tahun dengan adanya tanaman sela jagung dan kacang tanah

dapat berkontribusi terhadap penambahan cadangan karbon rata-rata sebesar 2,13 ton C/ha/musim.

Hasil pendugaan serapan CO₂ pada berbagai pola tanam disajikan pada Tabel 5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan rata-rata serapan CO₂ pada pola tanam agroforestri (7,07 ton CO₂/ha) nyata lebih tinggi daripada pola tanam secara monokultur (2,24 ton CO₂/ha). Tingginya total serapan CO₂ pada pola agroforestri karena adanya penambahan serapan CO₂ dari tanaman sela rata-rata 4,78 ton CO₂/ha/musim. Menurut Kuswandora (2012), adanya penanaman jagung dan kacang tanah sebagai tanaman sela pada tanaman karet umur 1 tahun dapat menambah cadangan karbon rata-rata sebesar 9,95 ton CO₂/ha/musim. Supriadi & Ferry (2014) juga melaporkan adanya penanaman karet umur 1 tahun dengan adanya tanaman sela jagung dan kacang tanah dapat berkontribusi terhadap penambahan biomassa karbon rata-rata sebesar 7,82 ton CO₂/ha. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh kerapatan tegakan, kesuburan lahan, dan kondisi tanah.

Tabel 5 Estimasi cadangan karbon pada berbagai pola tanam
Table 5 Estimation of carbon stocks on several planting pattern

Pola tanam (Planting pattern)	Perlakuan (Treatments)	Serapan CO ₂ (CO ₂ uptake) (ton/ha)	Total serapan CO ₂ (CO ₂ uptake total) (ton/ha)
PT6	Monokultur (Monoculture)	1,68	2,19b
	Tumbuhan bawah (Weeds)	0,51	
Rata-rata agroforestri (Agroforestry average)			7,03a
PT1	Karet (Rubber)	2,09	4,84d
	Nanas (Pineapple)	2,75	
PT2	Karet (Rubber)	2,21	4,04e
	Sorgum (Sorghum)	1,83	
PT3	Karet (Rubber)	2,13	11,82a
	Padi gogo (Upland rice)	9,69	
PT4	Karet (Rubber)	2,35	6,91c
	Jagung (Corn)	4,55	
PT5	Karet (Rubber)	2,46	7,56b
	Kedelai (Soybean)	5,10	

Keterangan (Remarks): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%).

C. Kandungan Karbon Tanah

Hasil pengambilan contoh dan analisis tanah serta cadangan karbon dan serapan CO₂ pada kedalaman 0-20 cm disajikan pada Tabel 6. Tabel tersebut menunjukkan bahwa secara keseluruhan kandungan C-organik pada pola agroforestri (3,18%) nyata lebih tinggi daripada pola monokultur (2,04%) sehingga sistem agroforestri memiliki cadangan karbon dan serapan CO₂ tanah lebih tinggi. Hal ini karena adanya bahan organik dari biomassa tanaman sela yang diaplikasikan kembali ke lahan karet sehingga bahan organik akan lebih terjaga, dicirikan dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah pada pola agroforestri (Tabel 6).

Menurut Siringoringo (2014), kadar bahan organik tanah akan terjaga melalui serasah, sisa akar/ranting dari pohon, dan biomassa tanaman sela yang dikomposkan sehingga terjadi peningkatan aktivitas fauna tanah. Ito *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa kandungan karbon tanah nyata dipengaruhi oleh serasah tanaman dan biomassa tanaman sela. Perbedaan rata-rata kandungan C-tanah antara yang memiliki serasah dan tidak memiliki

Tabel 6 Estimasi cadangan C dan serapan CO₂ tanah pada berbagai pola tanam

Table 6 Estimation of soil C stock and CO₂ uptake on several planting pattern

Perlakuan (Treatments)	C-Organik (C-organic) (%)	C (ton/ ha)	Serapan CO ₂ (CO ₂ uptake) (ton/ha)
PT6	2,04b	49,37b	181,19b
Agroforestri (Agroforestry)	3,18a	76,86a	282,08a
PT1	3,11	75,26	276,20
PT2	3,19	78,17	286,88
PT3	3,23	77,68	285,09
PT4	3,21	75,88	278,48
PT5	3,14	77,20	283,32

Keterangan (Remarks): Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji jarak berganda DMRT pada taraf 5% (Numbers followed by the same letter in different column was significantly different based on DMRT 5%).

serasah dapat mencapai 67%. Maggiotto *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa kandungan karbon tanah di perkebunan karet meningkat karena adanya endapan biomassa akar tanaman dan daun tahunan sehingga tingkat

dekomposisi bahan organik menjadi tinggi. Oleh karena itu, tanaman karet dapat sebagai alternatif substitusi bagi jenis tanaman hutan karena serapan CO₂ tanaman karet yang tinggi (Jacob, 2006). Menurut Masripatin *et al.* (2010), serapan CO₂ tanaman karet sebesar 14,24 ton/ha/tahun sedangkan serapan CO₂ tanaman hutan sebesar 7,34/ha/tahun. Supriadi (2012) juga melaporkan bahwa jumlah gas CO₂ yang diserap perkebunan karet di Indonesia mencapai 291,16 Mton CO₂e.

Data di atas menunjukkan bahwa perkebunan karet merupakan tanaman yang ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi CO₂. Kontribusi perkebunan karet dalam menyerap CO₂ dapat ditingkatkan karena rata-rata pertambahan luas areal perkebunan karet sekitar 25.000 ha/tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Semakin besar kerapatan tegakan dan proporsi luas tanaman karet maka kecenderungan semakin tinggi serapan CO₂-nya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata cadangan karbon sistem agroforestri berbasis karet pada tanaman karet berumur 1 tahun adalah 2,15 ton C/ha, nyata lebih tinggi daripada sistem karet monokultur sekitar 0,57 ton C/ha. Hal ini karena pada sistem agroforestri karet terdapat penambahan karbon dari tanaman sela sekitar 1,57 ton C/ha/musim tanam.

B. Saran

Diperlukan penelitian sistem agroforestri berbasis karet yang lebih komprehensif pada berbagai umur tanaman karet.

UCAPAN TERIMA KASIH (ACKNOWLEDGEMENT)

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. M. Jahidin Rosyid, MS sebagai peneliti utama yang telah memberikan masukan dan

saran dalam penulisan makalah ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Balai Penelitian Sembawa atas izin dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C. (2011). *Kontribusi sistem agroforestri terhadap cadangan karbon di hulu DAS Kali Bekasi* (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Adiriono, T. (2009). *Pengukuran kandungan karbon (carbon stock) dengan metode karbonisasi pada hutan tanaman jenis Acacia crassicarpa (studi kasus di HTI PT Sebangun Bumi Andalas Wood Based Industries)*. (Tesis). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Agevi, H., Onwonga, R., Kuyah, S., & Tsingalia, M. (2017). Carbon stocks and stock changes in agroforestry practices: a review. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, 101–109.
- Ar-riza, Nazemi, I.D., & Alwi, M. (2001). Peranan glifosat dalam pengendalian gulma dan suksesi gulma pada pertanaman padi intercrop dengan tanaman karet di lahan kering masam (pp. 496–503). *Prosiding Konferensi Nasional XV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia*. Surakarta: HIGI.
- Boerhendy, I., & Agustina, D.S. (2006). Potensi pemanfaatan kayu karet untuk mendukung peremajaan perkebunan karet rakyat. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 61–67.
- Carlito, R., Solera, R., Rudy, L., & Alcalá, E.A. (2007). *Integrating tree crops, annual crops and natural rubber in avenue cropping system: a sustainable soil-conserving and property-alleviating agroforestry model in the Philippine uplands*. Presented on the International Rubber Conferences, 12-13 November 2007, Cambodia: Cambodian Rubber Research Institute.
- Cesyliya, L. (2009). *Cadangan karbon pada pertanaman karet (Hevea brasiliensis) di perkebunan karet Bojong Datar PTP Nusantara VIII Kabupaten Pandeglang Banten*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. *Statistik perkebunan karet Indonesia 2015-2017*. Diakses 12 Desember 2017 dari <http://ditjenbun.pertanian.go.id>.
- Gomez, K.A., & A.A. Gomez. 1995. *Statistical procedures for agriculture research*. An International Rice Research Institute Book.

- John Wiley and Sons. UI Press.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. Bogor: World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya - Unibraw.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R.R., & Rahayu S. (2011). Petunjuk praktis pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan. Edisi kedua. Bogor: Word Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya - UB.
- Haryati, T., Mahyudin, I., Fithria, A., & Haris, A. (2014). Pendugaan potensi kebun karet rakyat sebagai cadangan karbon di Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru, Propinsi Kalimantan Selatan. *Enviro Scienteeae*, 10, 150–156.
- Ito, E., Toriyama, J., Araki, M., Kiyono, Y., Kanzaki, M., Tith, B., & Chan, S. (2014). Psyciochemical surface soil properties after litter-removal manipulation in a Cambodia lowland dry evergreen forest. *Journal of Plantation Crops*, 48(2), 195–211.
- Jacob, J. (2006). Carbon sequestration potential of natural rubber plantations (pp. 165-176). In J. Jacob & N.M. Mathew (Eds.), *Kyoto Protocol and Rubber Industry*. India: Rubber Research Institute of India Press.
- Kavinchan, N., Wangpakapattanawong, P., Elliott, S., Chairuangsi, S., & Pinthong, J. (2015). Soil organic carbon stock in restored and natural forests in Northern Thailand. *KKU Res. Journal*, 20(3), 294–304
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2015). Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2015.
- Kuswandora, V.D. (2012). *Emisi gas CO₂ dan neraca karbon pada lahan jagung, kacang tanah dan singkong di Kecamatan Ranca Bungur Bogor*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Limbong, H.D.H. (2009). *Potensi karbon tegakan Acacia crassicaarpa pada lahan gambut bekas terbakar (studi kasus IUPHHK-HT PT. SBA Wood Industries, Sumatera Selatan)*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Maggiotto, S.R., de Oliveira, D., Marur, C.J., Stivari, S.M.S., Leclerc, M., & Wagner-Riddle, C. (2014). Potential carbon sequestration in rubber tree plantations in the northwestern region of the Paraná State, Brazil. *Journal of Acta Scientiarum Agronomy*, 36(2), 239–245.
- Manuri, S., Putra, C.A.S., & Saputra, A.D. (2011). *Teknik pendugaan cadangan karbon hutan*. Merang REDD Pilot Project-German International Cooperation (MRPP-GIZ).
- Masripatin, N., Ginoga, K., Pari, G., Dharmawan, W.S., Siregar, C.A., Wibowo, A., ..., & Subekti, B. (2010). *Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Montagnini, F., & Nair, P.K.R. (2004). Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Journal of Agroforestry System*, 61, 281–95.
- Naji, H.R., Bakar, E.S., Soltani, M., Ebadi, S.E., Hamid, H.A., Javad, S.K.S., & Sahri, M.H. (2014). Effect of initial planting density and tree features on growth, wood, density, and anatomical properties from a hevea brasiliensis trial plantation. *Forest Product Journal*, 64(12), 41–48.
- Pansak, W. (2015). Assessing rubber intercropping strategies in northern Thailand using the water, nutrient, light capture in agroforestry systems model. *Kasetsart Journal*, 49, 785–794.
- Pathiratna, L. S.S., & Perera, M.K.P. (2006). Effect of competition from rubber on the yield of intercropped medicinal plants *Solatum virginianum* Schrad., *Aerva lanata* (L.) Juss. Ex. Schult, and *Indigofera tinctoria* L. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, 87, 3645.
- Pathiratna, L.S.S. (2006). Management of intercrops under rubber: implications of competition and possibilities for improvement. *Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, 47, 8–16.
- Paudel, D., Tiwari, K.R., Bajracharya, R.M., Raut, N., Sitaula, B.K. (2017). Agroforestry system: an opportunity for carbon sequestration and climate change adaptation in the mid-hills of Nepal. *Jour. Env. Res.*, 5(1), 022-031.
- Rodrigo, V.H.L., C.M. Stirling, T.U.K. Silva, & P.D. Pathirana. (2005). The growth and yield of rubber at maturity is improved by intercropping with banana during the early stage of rubber cultivation. *Field Crops Research*, 91(1), 23–33. doi: 10.1016/j.fcr.2004.05.005.
- Sabaruddin, Fitri, S.N.A., & Lestari, L. (2009). Hubungan antara kandungan bahan organik tanah dengan periode pasca tebang tanaman HTI Acacia mangium Willd. *J. Tanah Tropis*, 14(2), 105–110.
- Sahuri & Rosyid, M.J. (2015). Analisis usahatani dan optimalisasi pemanfaatan gawangan karet menggunakan cabai rawit sebagai tanaman sela. *Warta Perkaretan*, 34(2), 77–88.

- Sahuri. (2016). Potensi penyerapan pada karet pola tumpang-sari tanaman hutan. *Jurnal Penelitian Hutan Tropis*, 4(3), 293–299.
- Sahuri. (2017). Uji adaptasi sorgum manis sebagai tanaman sela di antara tanaman karet belum menghasilkan. *Jurnal Penelitian Karet*, 35(1), 23–38.
- Saragih, E.S., Muhti, & Hanafiah, D.S. (2016). Pendugaan cadangan karbon pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) umur 10 tahun di perkebunan rakyat Desa Tarean, Kecamatan Silindak, Kabupaten Serdang Bedagai. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(2), 1-14.
- Siringoringo, H.H. 2014. Peranan penting pengelolaan penyerapan karbon dalam tanah. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 11(2), 175–192.
- Sirait, C.T.S. & Sahuri. (2014). Potensi peningkatan penyerapan karbon di perkebunan karet Sembawa, Sumatera Selatan. *Widyariset*, 17(3), 363–70.
- Snoeck, D., Lacote, R., Keli, J., Doumbia, A., Chapuset, T., & Gohet, E. (2013). Association of hevea with other tree crops can be more profitable than hevea monocrop during first 12 years. *Industrial Crops and Products*, 43, 578–86.
- Sorel, D. (2007). *Potensi sistem agroforestry untuk kegiatan proyek karbon kehutanan di Kabupaten Limapuluh Kota Sumatera Barat*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Supriadi, H. (2012). Peran tanaman karet dalam mitigasi perubahan iklim. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(1), 79–90.
- Supriadi, H., & Ferry, Y. (2014). Perubahan cadangan karbon pada peremajaan karet rakyat. *J. Penelitian Tanaman Industri*, 1(3), 133–140.
- Supriadi, H., & Pranowo, D. (2015). Prospek pengembangan agroforestri berbasis kopi di Indonesia. *Perspektif*, 14(2), 135–150.
- Usmadi, D., Hidayat, S., Yuzammi, & Asikin, D. (2015). Potensi biomassa dan cadangan karbon Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur. *Buletin Kebun Raya*, 18(1), 1–14.
- Wibawa, G. (2000). Rubber based agroforestry research in Indonesia (p. 247-265). In R. Azwar, Karyudi, G. Wibawa, H. Suryaningtyas, R. Arizal, S. Honggokusumo, D. Suparto, M. Supriadi, C. Anwar, & A.D. Suwarna (Eds.), *Proceedings of International Indonesian Rubber Conference and IRRDB Symposium*, 12th-14th September 2000. Bogor: Indonesian Rubber Research Institute.
- Wibawa, G. & Suryaningtyas, H. (2001). Kombinasi optimal cara olah tanah dan tingkat pengapuran untuk pola tumpang-sari jagung di antara karet pada tanah podzolik merah kuning. *Buletin Agronomi*, 29(3), 85–93.
- Yulyana, R. (2005). *Potensi kandungan karbon pada pertanaman karet (*Hevea brasiliensis*) yang disadap (studi kasus di perkebunan inti rakyat, Kecamatan Pondok Kelapa, Bengkulu Utara*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor, Bogor.