

## KONTRIBUSI AGROFORESTRI DALAM MITIGASI GAS RUMAH KACA MELALUI PENYERAPAN KARBON

*Contribution Of Agroforestry Mitigation Greenhouse Gases Through The Carbon Sequestration*

**Eddy Insusanty, M. Ikhwan dan Emy Sadjati**

Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, 28265, Indonesia

**ABSTRACT.** *Agroforestry has the ability to mitigate climate through in carbon sequestration. With the condition of agroforestry stands resembling a secondary forest that has the ability to absorb considerable carbon. The purpose of this research is to know the carbon that can be absorbed in every model of agroforestry in District XIII Koto Kampar. The agroforestry model of Rubber-Gaharu-Durian has biomass is 135.35 ton / ha and carbon potential is 62.26 C t / ha while the Durian-Rubber Model has 82.14 ton / ha biomass and 37.78 ton / ha of carbon. Rubber-Gaharu model biomass is 93,70 ton / ha with carbon potential 43,10 ton / h*

**Keywords:** agroforestry model; biomass; carbon

**ABSTRAK.** Agroforestri memiliki kemampuan dalam mitigasi iklim melalui dalam penyerapan karbon. Dengan kondisi tegakan agroforestri menyerupai hutan sekunder sehingga memiliki kemampuan dalam menyerap karbon yang cukup besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karbon yang dapat diserap pada setiap model agroforestri yang ada di Kecamatan XIII Koto Kampar. Model agroforestri Karet-Gaharu-Durian memiliki biomassa adalah 135,35 ton/ha dan potensi karbon 62,26 C ton/ha sedangkan Model Karet-Durian memiliki biomassa 82,14 ton/ha dan karbon 37,78 ton/ha. Biomassa model Karet-Gaharu adalah 93,70 ton/ha dengan potensi karbon 43,10 ton/ha

**Kata Kunci :** model agroforestri; biomassa; karbon

**Penulis untuk Korespondensi, surel:** [annovisa@yahoo.com](mailto:annovisa@yahoo.com)

### PENDAHULUAN

Adanya perubahan iklim global akan berpengaruh terhadap beberapa fungsi ekosistem dan akhirnya akan mempengaruhi layanan lingkungan yang dibutuhkan oleh masyarakat berkenaan dengan: (a) kehidupan (penyediaan pangan, penyediaan air bersih), (b) budaya (spiritual, inspirasi dan pendidikan), (c) penunjang (pembentukan tanah, siklus hara), dan (d) regulasi (regulasi iklim, regulasi air, regulasi hama dan penyakit dsb)

Suhu udara bumi sejak 1861 telah meningkat 0.6°C terutama disebabkan oleh aktifitas manusia yang menambah emisi gas-gas rumah kaca ke atmosfer (IPCC, 2001). IPCC memprediksi pada tahun 2100 akan terjadi peningkatan suhu rata-rata global meningkat 1.4 – 5.8°C. Dilaporkan pula bahwa suhu bumi akan terus meningkat walaupun seandainya konsentrasi GRK di atmosfer tidak akan bertambah lagi di tahun 2100, karena konsentrasi gas rumah kaca (disingkat GRK terutama terdiri dari

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O di atmosfer sudah cukup besar dan masa tinggalnya (*life time*) cukup lama, bahkan bisa sampai seratus tahun.

Salah satu model penggunaan lahan yang memberikan kontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim dan GRK adalah agroforestri. Secara fisik agroforestri mempunyai susunan kanopi tajuknya yang berjenjang (kompleks) dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam, sehingga agroforestri merupakan teknik yang ditawarkan untuk adaptasi terhadap pemanasan global melalui perannya dalam mengurangi longsor, mengurangi limpasan permukaan dan erosi, mengurangi kehilangan hara lewat pencucian dan mempertahankan biodiversitas flora dan fauna tanah (Hairiah, et al, 2008).

Model agroforestri yang merupakan salah satu bentuk pemanfaatan lahan dengan mengkombinasikan pohon dengan tanaman semusim, beberapa jenis pohon dengan sehingga dapat meyerupai hutan skunder merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan penyerapan CO<sub>2</sub> di udara sebaga upaya mirigasi perubahan iklim. Prinsip dalam agroforestri adalah keseimbangan lingkungan, ekonomi dan sosial sehingga selain dapat berdampak positif pada lingkungan agroforestri memberikan kontribusi pendapatan kepada masyarakat berupa hasil pangan maupun kayu.

Praktek wanatani (agroforestri) dinilai berpotensi dalam melakukan mitigasi gas rumah kaca (GRK) terutama CO<sub>2</sub> di atmosfer (IPCC, 2000). Masyarakat petani agroforestri biasanya menanam lahan yang sama dengan bentuk campuran antara tanaman keras, tanaman pertanian atau tanaman buah. Motif ekonomi merupakan tujuan utama dimana artinya pendapatan hasil panen dapat dinikmati sepanjang waktu. Di sisi lain, bentuk penggunaan lahan multi strata mampu menyerap CO<sub>2</sub> untuk keperluan fotosintesis dan kemudian menyimpannya dalam biomassa tanaman dalam waktu yang relatif lama.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan lahan agroforestri yang terdapat di Desa Pulau Gadang, Desa Koto Masjid

dan Desa Tanjung Alai Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau. Waktu penelitian dilaksanakan bulan Februari – Juni 2017. Metode pada penelitian adalah metode survey dengan menambil data biofisik agroforestri, yaitu: komposisi jenis penyusun agroforestri, kerapatan tanaman, dan pola tanam, diameter, tinggi, topografi, jenis tanah, curah hujan. Selain itu dilakukan dengan wawancara terhadap pemilik lahan agroforestri dan melakukan pengukuran pada plot contoh. Dalam pengukuran potensi sistem agroforestri yang memiliki jarak tanam antar pohon cukup lebar, dibuat sub plot besar ukuran 20 m x 100 m = 2000 m<sup>2</sup> dimana jumlah plot keseluruhan adalah 12 plot dengan masing-masing 5 sub plot berukuran 20 m x 20 m = 400 m<sup>2</sup> sehingga terdapat 60 sub plot dengan luas total pengambilan contoh adalah 2,4 ha

Untuk penghitungan serapan karbon dilakukan terlebih dahulu penghitungan biomasa pohon dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya (Tabel 1). Diameter pohon yang dihitung adalah > 5 cm. Untuk diameter < 5 dianggap anakan atau semai.

**Tabel 1. Estimasi Biomasa Pohon Menggunakan Persamaan Alometrik (Hairiah dan Rahayu 2007)**

Jenis Pohon	Estimasi Biomasa Pohon (Kg/Pohon)	Sumber
Pohon bercabang	BK = 0,11 ρ D <sup>2,62</sup>	Ketterings 2001
Pohon Tidak Bercabang	BK = π ρ H D <sup>2</sup> / 40	Hairiah et al. 1999
Kopi Dipangkas	BK = 0,281 D <sup>2,06</sup>	Arifin 2001
Pisang	BK = 0,030 D <sup>2,13</sup>	Arifin 2001
Bambu	BK = 0,131 D <sup>2,28</sup>	Priyadarsini 2000
Sengon	BK = 0,0272 D <sup>2,831</sup>	Sugiharto 2002

Keterangan:

BK = Berat kering

D = Diameter pohon (cm)

H = Tinggi pohon (cm)

ρ = Berat jenis kayu (g cm-3)

Konsentrasi karbon dalam bahan organik biasanya adalah sekitar 46% sehingga estimasi

jumlah karbon tersimpan dapat dihitung dengan mengalikan total berat masanya dengan konsentrasi karbon dalam bahan organik sebagai berikut:

$$C = \text{Berat kering biomasa atau nekromasa (kg/ha)} \times 0,46$$

Untuk menghitung jumlah serapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) maka digunakan rumus sebagai berikut (IPCC 2003):

$$\begin{aligned} \text{Serapan CO}_2 &= \text{Mr. CO}_2 / \text{Ar. C} \text{ atau} \\ &= 3,67 \times \text{Kandungan Karbon} \end{aligned}$$

Keterangan:

Mr = Molekul relatif

Ar = Atom relatif

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Umumnya, biomassa pohon diduga secara tidak langsung menggunakan persamaan allometrik yang disusun untuk menduga biomassa pohon. Dalam penelitian ini menggunakan parameter diameter setinggi dada (Dbh) pohon, tinggi total pohon dan berat jenis pohon.

Hasil penelitian terhadap potensi biomassa dan simpanan karbon pohon pada sistem agroforestri berbasis karet menunjukkan bahwa terdapat perbedaan potensi biomassa pohon pada Tabel 2

**Tabel 2. Potensi Biomassa dan Simpanan Karbon tegakan pohon.**

No Plot	Biomassa (ton/ha)	C (ton/ha)
Plot 1	120,68	55,52
Plot 2	186,83	85,94
Plot 3	181,86	83,66
Plot 4	108,07	49,71
Plot 5	53,96	24,82
Plot 6	88,68	40,79
Plot 7	51,88	23,87
Plot 8	50,99	23,46
Plot 9	45,78	21,06
Plot 10	105,63	48,59
Plot 11	109,73	50,47
Plot 12	109,88	50,55
Jumlah	1.214,01	558,44
Rata-rata	101,17	46,54
Maksimal	186,83	85,94
Minimal	45,78	21,06

Pada Tabel 2 terlihat nilai karbon tersimpan berdasarkan perhitungan biomassa pada 12 plot sampel bervariasi. Nilai karbon tersimpan terkecil diperoleh pada plot 9 yaitu 21,06 ton/ha dengan jumlah pohon sebanyak 22 pohon di dominasi oleh tanaman tanaman karet dengan rata-rata diameter 22,2 cm. Pada plot 9 selain tanaman karet juga terdapat tanaman gaharu yang berdiameter < 8 cm, kecilnya nilai karbon pada plot 9 disebabkan jumlah pohon yang sedikit, diameter rata-rata pada pohon kecil serta rendahnya kerapatan individu pohon. Nilai karbon terbesar pada plot 2 dengan nilai karbon tersimpan yaitu 85,95 ton/ha serta jumlah pohon 42 dengan diameter rata-rata 34,9 cm dan lebih dominan jenis karet sebanyak 19 pohon karet dengan kandungan karbon adalah sebesar 19,29 ton/ha. Selain itu dengan ada pohon durian yang berdiameter rata-rata 44,6 cm sebanyak 8 pohon dengan kandungan karbon terbesar 34, 31 tonC/ha menyebabkan simpanan karbon pada plot ini juga semakin tinggi. Selain itu juga terdapat pohon lain seperti petai, jengkol dan kelapa sawit yang memberikan nilai simpanan karbon menjadi lebih besar. Tingginya nilai karbon pada plot 2 dipengaruhi oleh diameter rata-rata pohon karet, durian dan jenis pohon lain yang besar dan kerapatan yang tinggi

Pada plot 3, 4 dan 10 memiliki jumlah tanaman lebih banyak di banding plot 9 namun diameter rata-rata lebih kecil yaitu 27,5 cm dan 22,5 cm. Menurut Nowak dan Crane (2002), beragamnya nilai karbon tersimpan pada suatu plot dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah pohon dalam plot tersebut (kerapatan) dan juga luas basal yang dimiliki pohon penyusun vegetasi (dominansi).

### Nilai Simpanan Karbon Tumbuhan Bawah

Biomassa didefinisikan sebagai jumlah total bahan organik di atas tanah pada pohon termasuk daun, ranting, cabang dan batang utama yang dinyatakan dalam berat kering oven per unit area (Brown, 1997). Biomassa dapat dibedakan ke dalam dua kategori yaitu biomassa di atas tanah (*above ground biomass*) dan biomassa di dalam tanah (*below ground biomass*). Dalam penelitian ini,

biomassa yang diperhitungkan berupa biomassa yang ada di atas permukaan tanah pada agroforestri berbasis karet yang mencakup serasah dan tumbuhan bawah.

Tumbuhan bawah adalah salah satu komponen dalam ekosistem hutan yang tumbuh di sela-sela pohon dan memperoleh sinar matahari untuk metabolismenya melalui celah antar pohon. Tumbuhan bawah adalah tumbuhan yang memiliki diameter batang kurang dari <5 cm; diantaranya termasuk semai, kecambah, paku-pakuan, rumput-rumputan, tumbuhan memanjat, dan lumut. Pengukuran simpanan karbon pada tumbuhan bawah (understory) dilakukan pada plot contoh dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m. Pengambilan contoh biomassa tumbuhan bawah dominan adalah rumput-rumputan dilakukan dengan metode *destructive* atau merusak bagian tanaman. Berdasarkan hasil penelitian terhadap potensi simpanan karbon tumbuhan bawah pada Tabel 3.

**Tabel 3 Potensi Karbon Tumbuhan Bawah dan Serasah**

No Petak	C ton/ha		
	Tumbuhan bawah	Serasah	Total
Plot 1	0,06	0,34	0,40
Plot 2	0,03	0,20	0,23
Plot 3	0,04	0,29	0,34
Plot 4	0,10	0,32	0,43
Plot 5	0,07	0,53	0,61
Plot 6	0,04	0,42	0,45
Plot 7	0,04	0,41	0,45
Plot 8	0,04	0,59	0,63
Plot 9	0,04	0,41	0,45
Plot 10	0,02	0,31	0,33
Plot 11	0,13	0,36	0,49
Plot 12	0,09	0,39	0,48
Rata-rata	0,06	0,38	0,44
Jumlah	0,77	4,95	5,72
Maksimal	0,13	0,59	0,63
Minimal	0,04	0,44	0,51

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa simpanan karbon pada tumbuhan bawah serasah yang tertinggi adalah plot 8 dengan nilai kandungan karbon 0,63ton/ha, dan terendah ada pada plot 2 dengan nilai 0,23 ton/h. Hal ini menunjukkan bahwa serasah pada plot 12 lebih banyak dan memiliki

jumlah yang lebih besar di banding dengan plot lainnya.

Nilai simpanan total adalah penjumlahan dari nilai karbon pada pohon, karbon pada tumbuhan bawah dan karbon pada serasah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpanan karbon pada setiap plot bervariasi yang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Total Rata-rata nilai Simpanan Karbon pada Agroforestri berbasis Karet**

	Pohon (ton/ha)	Tumbuhan bawah (ton/ha)	Serasah (ton/ha)	Total (ton/ha)
Rata-rata	46,44	0,06	0,38	46,88
pesentase	99,06	0,13	0,81	100

Perbedaan jumlah simpanan karbon pada setiap lokasi penelitian disebabkan karena perbedaan kerapatan tumbuhan pada setiap lokasi cadangan karbon pada suatu sistem penggunaan lahan dipengaruhi oleh jenis vegetasi, iklim dan manajemen hutan lahan (Hamidin dkk, 2012). Pada Tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa nilai karbon total yang tersimpan tegakan agroforestri dari penjumlahan nilai pada karbon pohon, karbon tumbuhan bawah dan nilai karbon pada serasah dalam plot, dengan rata-rata antara 46,88 ton C/ha.

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

Potensi biomassa cadangan karbon pada pohon lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan bawah dan serasah. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal ini yaitu seperti diameter pada pohon yang besar dan kerapatan individu pohon yang tinggi. Husch, *et al* (2003) yang mengatakan bahwa tingginya suatu tegakan ditentukan oleh umur tegakan, dengan kata

lain biomassa tegakan berbanding lurus dengan tegakan.

Faktor pendukung lainnya sehingga tingginya biomassa pada pohon adalah fotosintesis yang optimal. Pada Tabel 8, menunjukkan bahwa potensi simpanan karbon rata rata pada serasah relatif lebih besar bila dibandingkan dengan dengan potensi simpanan karbon pada tumbuhan bawah. Biomassa tumbuhan bawah serasah lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan bawah. Serasah di lantai hutan ini terdiri atas guguran daun segar, ranting, serpihan kulit kayu, lumut dan lumut kerak mati dan bagian buah dan bunga. Berat bahan organik yang dihasilkan serasah lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan bawah. Selain itu keberadaan tumbuhan bawah jumlahnya relatif sedikit karena kurangnya cahaya matahari dan petani yang melakukan kegiatan agroforestri dengan melaksanakan kegiatan pertanian intensif dengan melakukan pembersihan lahan.

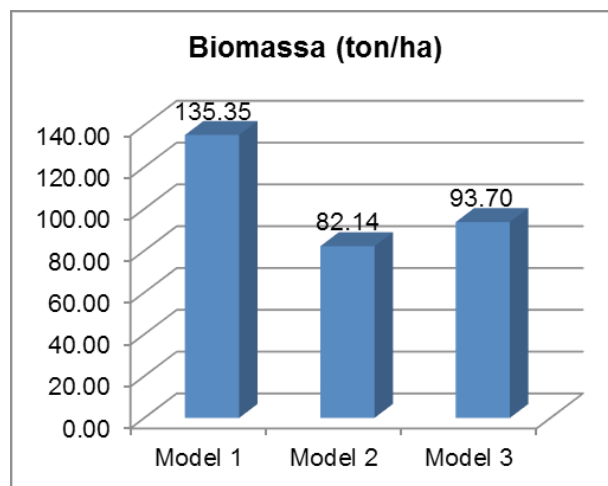
Potensi rata-rata total karbon serasah adalah 0,38 ton/ha dan tumbuhan bawah adalah 0,06 ton/ha di agroforestri karet Kec. XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan potensi rata-rata total karbon serasah pada agroforestri karet *Hevea brasiliensis* di Desa Marjanji Asih Kabupaten Simalungun yaitu sebesar 0,56 ton/ha sedangkan pada monokultur karet sebesar 0,71 ton/h (Silalahi, 2017) sedangkan untuk tumbuhan bawah jumlah karbon yang terdapat pada agroforestri karet sebesar 0,75 ton/ha dan pada monokultur karet 0,52 ton/ha, dengan selisih karbon sebesar 0,23 ton/ha (Naibaho, 2017). Hal ini disebabkan oleh jumlah tumbuhan bawah yang sedikit dan dilakukannya aktifitas pembersihan lahan pada beberapa lokasi penelitian terutama plot yang berada tidak jauh dari pemukiman penduduk.

Hasil penelitian ini juga dapat dilihat rata-rata karbon perhektar dari perhitungan karbon pada tegakan lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata cadangan karbon perhektar pada tumbuhan bawah dan serasah ini dapat dilihat pada Tabel 4, dengan persentase tumbuhan bawah 0,13 % dan serasah 0,81% hal ini menunjukkan bahwa tegakan memiliki

peran utama dalam ketersediaan cadangan karbon pada lokasi penelitian yaitu mencapai 99,06 %

### Pendugaan Simpanan Karbon Setiap Model Agroforestri di Kecamatan XIII Koto Kampar.

Kandungan karbon setiap model agroforestri bervariasi berdasarkan jenis dan komposisi penyusunnya. Gas CO<sub>2</sub> sebagai salah satu penyusun GRK terbesar di udara diserap pohon dan tumbuhan bawah untuk fotosintesis, dan ditimbunnya sebagai C-organik dalam tubuh tanaman (biomassa) dan tanah untuk waktu yang lama, mencapai 30-50 tahun. Berikut kandungan biomassa model agroforestri yang berasal dari pohon, tumbuhan bawah dan serasah disajikan pada Gambar 4.



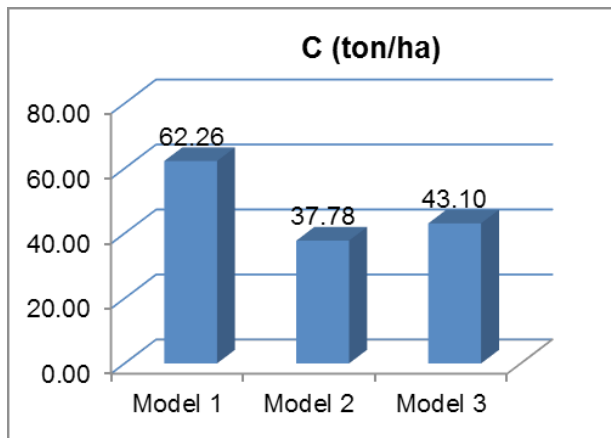
Gambar 1. Grafik Biomassa (ton/ha) Model Agroforestri

Berdasarkan Gambar 1, pada model 1 diperoleh biomassa tertinggi dengan nilai 135,35 ton/ha. Terdiri dari pohon dengan simpanan karbon pohon 134,48 ton/ha, tumbuhan bawah 0,09 ton/ha dan 0,77 ton/ha pada serasah. Model 1 terdiri dari tanaman karet dan durian serta beberapa jenis tanaman lain memiliki diameter pohon yang cukup besar sehingga biomassa yang diperoleh pada model ini paling besar.

Model 2 memiliki nilai biomassa terendah dengan nilai 82,14 dengan biomassa pohon. 81,02 ton/ha tumbuhan bawah 0,19 ton/ha dan serasah 0,93 ton/ha Dengan jenis tanaman karet dan tanaman perkebunan manggis dan kakao. Model 3 memiliki kandungan biomassa 93,70 ton /ha terdiri



dari pohon 92,75 ton/ha, tumbuhan bawah 0,15 ton/ha dan serasah 0,79 dengan jumlah pengamatan 6 buah dan mendominasi dari model yang ada. Adapun komponen penyusun jenis tanaman pada model ini adalah karet dan gaharu. Kandungan biomassa diperoleh dari tanaman karet karena tanaman gaharu masih berdiameter < 10 cm dan ditanami diantara pohon karet.



Gambar 2. Grafik Simpanan Karbon (ton/ha) Model Agroforestri

Unsur karbon tanaman yang berasal dari gas karbondioksida di atmosfer diikat dalam bentuk karbohidrat melalui proses fotosintesis. Senyawa ini kemudian digunakan untuk membentuk senyawa-senyawa lain yang dibutuhkan dalam pembentukan struktur sel tanaman dan mendukung aktivitas metabolisme lain atau diakumulasi dalam sel organ.

Massa karbon pada setiap model agroforestri bervariasi. Variasi terjadi karena perbedaan jenis tanaman, ukuran diameter, jumlah jenis, kerapian tanaman. Massa karbon pada model 1 lebih tinggi jika dibandingkan kelas umur lainnya karena memiliki diameter lebih besar yaitu pada jenis durian, jumlah pohon lebih banyak, dan rapat. Gambar 2. menunjukkan bahwa potensi karbon pada model 1 sebesar 62,26 ton/ha. Menurut Sato *et al.*, (2002), jumlah karbon dari seluruh pohon adalah jumlah dari setiap bagian pohon, dimana ada hubungan yang signifikan antara kandungan karbon dengan diameter.

Pada grafik batang diatas terlihat model 2 memiliki nilai simpanan karbon paling rendah yaitu 37,78 C ton/ha dengan komposisi jenis yang lebih beragam yaitu karet, kakao dan manggis. Jumlah

jenis lebih sedikit dengan diameter lebih kecil. Model 3 yang hanya didominasi oleh karet memiliki simpanan karbon 43,10 plot ini lebih menyerpai karet monokultur karena gaharu yang ditanaman masih diameter kecil dan jumlahnya sedikit.

## SIMPULAN

Model agroforestri Karet-Gaharu-Durian memiliki biomassa adalah 135,35 ton/ha dan potensi karbon 62,26 C ton/ha sedangkan Model Karet-Durian memiliki biomassa 82,14 ton/ha dan karbon 37,78 ton/ha. Biomassa model Karet-Gaharu adalah 93,70 ton/ha dengan potensi karbon 43,10 ton/ha

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi Republik of Indonesia, yang telah mendanai sebagai bagian dari Penelitian Produk Terapan (PPT) "Model Agroforestri sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim di Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar, Riau".

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. Rome, Italy: FAO Forestry Paper 134.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB) : Malang
- Hairah, K dan Rahayu, S. 2007. Petunjuk Praktis Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre (South East Asia) : Bogor.
- Hamidin, Marwah S, Rosmalinasiah. 2012. Estimasi Biomassa dan Karbon (C) Tersimpan di Hutan Kampus Universitas Haluoleo. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Universitas Haluoleo

- Husch, B. , TW Beers, JA Kershaw. 2003. Forest Mensuration. John Wiley and Sons Inc.: New Jersey.
- IPCC, 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Report of the working group II : Cambridge University Press, UK, p 967.
- IPCC. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 377pp.
- Malmsheimer, RW; P. Hefferman; S. Brink; D. Crandall; F. Deneke; C. Galik; E. Gee; J.A.Helm; N. Mac Clure; M. Mortimer; S. Ruddell; M. Smith and J. Stewart. 2008. Forest Management Solutions for Mitigating Climate Change. Journal of Forestry Volume 106 Number 3. p:115-173. Society of Americans Foresters Task Force Report. Grosvenor Lane, Bethesda : Maryland USA.
- Naibaho Erikson, 2017 Pendugaan Cadangan Karbon Tumbuhan Bawah Pada Agroforestri Karet (*Hevea brasiliensis*) di Desa Marjanji Asih Kabupaten Simalungun. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Universitas Sumatera Utara
- Sato, K., R.Teteishi, Tateda and S.Sugito. 2002. Fieldwork in Mangrove Forest on Stand Parameter and Carbon Amount Fixed as Carbon dioxide for Combining for Remote Sensing Date. Forest Ecology and Management.
- Silalahi, Syafitriani. 2017 Pendugaan Cadangan Karbon Serasah Pada Agroforestri Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*) di Desa Marjanji Asih Kabupaten Simalungun. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Universitas Sumatera Utara
- Hairiah, K., Sitompul, S.M., Van Noordwijk, M., and Palm, C. 2001b. Methods For Sampling Carbon Stocks above and below ground. ASB Lecture Note 4B. ICRAF : Bogor, Indonesia.