



Estimasi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Rakyat di Kawasan Perkotaan, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung

(Estimation of Aboveground Carbon Stocks in Urban Community Forest at Bandar Lampung City, Lampung Province)

Vita Arianasari^{1*}, Rahmat Safe'i¹, Arief Darmawan¹, & Hari Kaskoyo¹

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung, 35145

*Email : vitaariana120@gmail.com

HASIL PENELITIAN

DOI: 10.22146/jik.v15i2.1537

RIWAYAT NASKAH :

Diajukan (*submitted*): 3 September 2020

Diperbaiki (*revised*): 30 Maret 2021

Diterima (*accepted*): 24 Juni 2021

KEYWORD

carbon storage, forest inventory, community forest

KATA KUNCI

simpanan karbon, inventarisasi hutan, hutan rakyat

ABSTRACT

Community forest plays an equally important role in ecological aspects when compared to other types of forest, one of which is carbon storage that helps in mitigating global climate change. The existence of community forests that are part of urban areas is quite rare, so this research needs to be carried out considering its special location. This study aimed to estimate the carbon storage contained in urban community forests, Bandar Lampung City, Lampung Province. The methods used in this research were destructive and non-destructive. Carbon storage measurements were carried out in three carbon pools, namely aboveground biomass; necromasses; litter, and understorey. The measurements were carried out by a vegetation inventory on 15 plot clusters located in the study area. The results indicated that the average value of carbon storage was 54.59 tC/ha with a value interval of 48.93 tC/ha up to 60.26 tC/ha. Aboveground biomass held the largest percentage as a contributor to carbon storage 95.71%, followed by necromass 4.23%, litter and understorey 0.05%.

INTISARI

Hutan rakyat memegang peranan yang tak kalah penting dalam aspek ekologis jika dibandingkan hutan jenis lainnya, salah satunya sebagai penyimpan karbon yang membantu dalam mitigasi perubahan iklim global. Keberadaan hutan rakyat yang termasuk bagian dari wilayah perkotaan cukup jarang ditemukan, sehingga penelitian ini perlu dilakukan mengingat lokasinya yang cukup istimewa. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi simpanan karbon yang terdapat pada hutan rakyat di kawasan perkotaan Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode destruktif dan non-destruktif. Pengukuran simpanan karbon dilakukan pada tiga *carbon pool* yakni biomasa di atas tanah; nekromasa; serasah dan tumbuhan bawah. Pengukuran tersebut dilakukan dengan melakukan inventarisasi vegetasi pada 15 kluster plot yang berlokasi di hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata simpanan karbon berkisar 54,59 tC/ha dengan interval nilai 48,93 tC/ha sampai 60,26 tC/ha. Biomasa di atas tanah memegang persentase terbesar sebagai penyumbang simpanan karbon yaitu sebesar 95,71%, diikuti dengan nekromasa 4,23%, serasah dan tumbuhan bawah 0,05%.

Pendahuluan

Simpanan karbon hutan merupakan akumulasi/penjumlahan dari keseluruhan gudang karbon (*carbon pool*) yang diukur yang meliputi biomasa permukaan, bawah permukaan, nekromasa, serasah, dan tanah (Murdiyarso et al. 2017) di dalam hutan. Peran hutan sebagai salah satu penekan pemanasan global adalah sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Hutan rakyat dapat dimiliki baik oleh petani perorangan maupun kelompok (Safe'i et al. 2015) yang juga memiliki peran yang sama sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Menurut Permenhut Nomor 88/2003 hutan rakyat merupakan hutan yang tumbuh di atas tanah yang dibebani hak milik maupun hak lainnya dengan ketentuan luas minimum 0,25 ha dengan tutupan lahan berupa tanaman kayu-kayuan dan tanaman lainnya lebih dari 50% dan pada umumnya dikelola oleh masyarakat dengan sistem agroforestri.

Sistem agroforestri telah dikembangkan baik di negara berkembang maupun di negara maju untuk membantu menyerap dan menyimpan karbon (Nair et al. 2009; Al-Reza et al. 2017), namun pada kenyataannya hutan rakyat di perkotaan sangat jarang ditemui dan sangat terbatas baik yang dikelola dengan agroforestri maupun monokultur. Pola tanam agroforestri memungkinkan hutan rakyat memiliki simpanan karbon yang besar dibandingkan dengan hutan monokultur (Widiyanto 2011). Hanya saja penelitian yang mengkaji potensi hutan rakyat di perkotaan dalam menyimpan karbon nampaknya masih terbatas (Purwanto 2012). Mayoritas penelitian estimasi simpanan karbon dilakukan di hutan rakyat yang lokasinya di pedesaan. Sebagai contoh, hutan rakyat di di kawasan hutan rakyat Desa Sukoharjo I, Kabupaten Pringsewu memiliki cadangan karbon rata-rata mencapai 72,73 ton/ha (Ivando et al. 2019) dan hutan rakyat Pekon Kelungu, Kabupaten Tanggamus yang memiliki simpanan karbon (C)

sebesar 101,61 tC/ha (Ristiara et al. 2017). Kelangkaan hutan rakyat di kawasan perkotaan salah satunya disebabkan oleh pesatnya perkembangan kota. Keberadaan hutan rakyat di kawasan perkotaan memegang peranan penting sebagai ruang terbuka hijau yang mempunyai fungsi untuk meningkatkan aspek estetika kota berkontribusi terhadap penyerapan karbon atmosfer melalui proses fotosintesis, dan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa (Al-Reza et al. 2017).

Kelurahan Pinang Jaya termasuk wilayah yang secara administrasi berada di Kota Bandar Lampung. Kelurahan ini memiliki hutan rakyat yang dikelola dengan sistem agroforestri. Wilayahnya yang cukup unik dan istimewa karena berada di dalam wilayah perkotaan menjadi latar belakang perlunya dilakukan penelitian, terutama mengenai simpanan karbon pada hutan rakyat. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi atau menduga besar simpanan karbon di hutan rakyat di Kota Bandar Lampung khususnya karbon di atas permukaan tanah. Penelitian ini kemudian diharapkan dapat menjadi informasi bagi seluruh pihak dan khususnya juga bagi masyarakat dalam pemilihan jenis vegetasi yang selanjutnya dapat mendukung upaya pemerintah dalam upaya mitigasi perubahan iklim global.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Alat dan bahan dalam penelitian ini antara lain GPS, kompas, timbangan, ATK, *clinometer*, *camera digital*, pita meter, tali rafia, laptop, dan *phiband*.

Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan secara *sampling* dengan intensitas sebesar 7,5% atau seluas 5,85 ha (total luas hutan rakyat 78,01 ha). Semakin besar intensitas *sampling* yang digunakan akan memperkecil *sampling error* penelitian dan hal ini berkaitan

dengan tingkat ketelitian data yang diambil di lapangan akan semakin baik apabila dapat memperkecil *sampling error* tersebut. Peta lokasi penelitian dan distribusi titik *sampling* terdapat pada Gambar 1 di bawah.

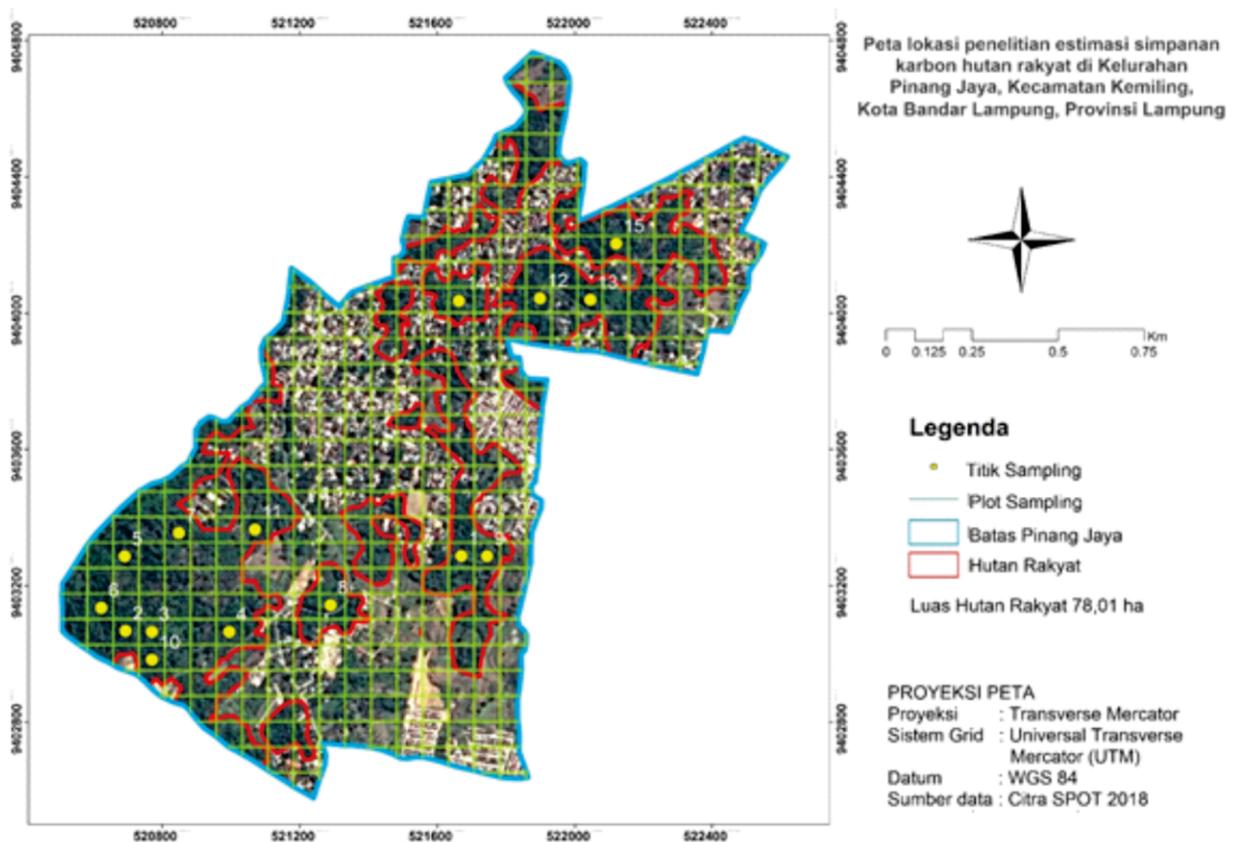
Titik *sampling* yang berjumlah 15 buah (Gambar 1) diperoleh dengan pembuatan *grid* (garis khayal yang dibentuk oleh garis vertikal dan horizontal) yang berukuran 100 m x 100 m menggunakan *software* ArcMap di atas peta wilayah Kelurahan Pinang Jaya. Pembuatan *grid* yang dipilih berbentuk persegi dengan ukuran 100 m x 100 m ini dipilih karena memperhatikan bentuk kluster plot, sehingga di dalam satu kotak *grid* akan diisi dengan satu buah kluster plot. Kemudian, dalam peta yang telah dibuat *grid* tersebut terdapat 66 *grid* yang seluruhnya berwarna hijau yang setelah dilakukan survey merupakan bagian dari hutan rakyat. Sebanyak 66

grid tersebut kemudian dipilih sebanyak 15 *grid* secara acak sederhana menggunakan Microsoft Excel yang digunakan untuk peletakan kluster plot (titik *sampling*).

Plot Pengukuran

Plot contoh yang digunakan yakni jenis kluster plot/*plot cluster* yang memiliki bentuk lingkaran (Gambar 2) dengan penggunaan sesuai kebutuhan untuk setiap gudang karbon yang terdapat pada Tabel 1. Terdapat 15 buah kluster plot tersebar secara *random* yang tersaji pada Gambar 1.

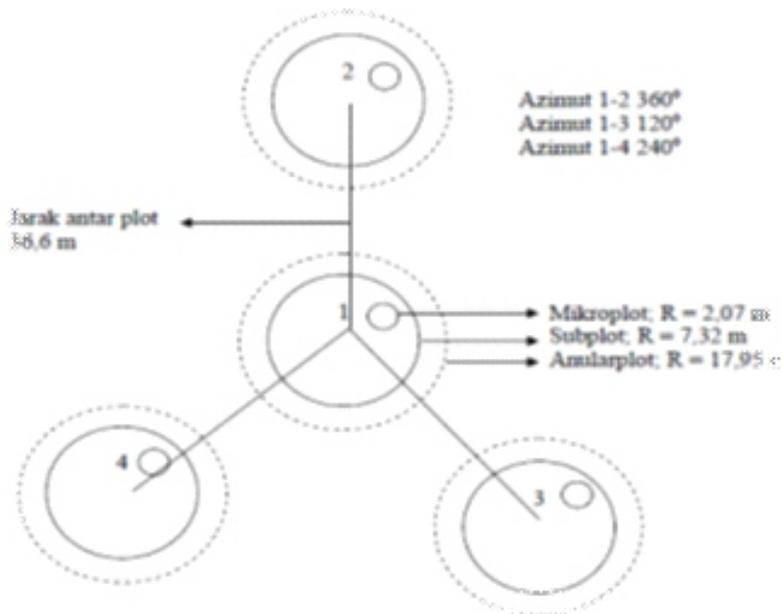
Karbon yang diukur dalam penelitian meliputi karbon di atas permukaan tanah yang metodenya dilakukan secara destruktif dan non-destruktif. Destruktif dilakukan dengan pemanenan secara langsung yang digunakan untuk pengambilan serasah dan tumbuhan bawah, sedangkan untuk metode non



Gambar 1. Peta lokasi penelitian
Figure 1. Map of research site

destruktif digunakan untuk pengumpulan data biomassa di atas permukaan tanah yang terdiri dari vegetasi dan nekromasa. Penjelasan mengenai cara

pengambilan data di lapangan hingga ukuran plot yang digunakan terdapat pada Tabel 1.



Gambar 2. Ilustrasi ukuran, pembuatan dan peletakan klaster plot pada masing-masing gudang karbon yang diadaptasi dari Forest Health Monitoring (FHM) oleh Mangold (1997).

Figure 2. Illustration of size, development, and design of measurement plot cluster at each carbon pool adapted from Forest Health Monitoring (FHM) by Mangold (1997).

Tabel 1. Prosedur pengukuran pada masing-masing gudang karbon
Table 1. Procedures of carbon measurement for each carbon pool

Gudang Karbon	Tahapan pengukuran	Ukuran plot
Biomasa pohon/AGB (Above ground Biomass)	<ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi jenis pohon. Mengukur DBH (1,37 m) pohon dalam plot. Mencatat DBH pohon pada <i>tallysheet</i> dan Menghitung biomassa pohon menggunakan persamaan <i>allometrik</i>. 	Pohon menggunakan <i>Annular plot</i> : jari-jari 17,95 m; Tiang dan Pancang menggunakan subplot : jari-jari 7,32 m
Serasah dan tumbuhan bawah	<ol style="list-style-type: none"> Mengambil sampel serasah dan tumbuhan bawah yang terletak di permukaan tanah yang terdapat di dalam mikroplot. Bila serasah telah menyentuh tanah mineral, maka pengambilan sampel dihentikan. Mengambil sebanyak 100 g serasah yang ada di dalam mikroplot. Apabila total biomassa contoh <100 g, maka seluruhnya ditimbang dan digunakan seluruhnya (Ihsan et al. 2016). Kemudian untuk mendapatkan berat kering melakukan pengeringan dengan oven pada suhu 80°C hingga didapatkan berat konstan. Hal yang sama juga dilakukan pada tumbuhan bawah. Menimbang berat kering dan mencatatnya dalam <i>tallysheet</i> pengamatan. 	Mikroplot dengan jari-jari 2,07 m
Nekromasa	<ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi jenis nekromasa. Mengukur DBH pohon mati. Menentukan tingkat keutuhan pohon mati dengan memperhatikan bentuknya sehingga didapatkan faktor koreksinya dan ketentuan terdapat pada Gambar 3. Menghitung biomassa pohon mati dengan menggunakan <i>allometrik</i> dan mempertimbangkan faktor koreksi. 	<i>Annular plot</i> : jari-jari 17,95 m

Penghitungan dan Analisis Data

Pendugaan besaran biomasa dan nekromasa menggunakan satu persamaan allometrik terpilih yang dikembangkan oleh Chave et al. (2005) yang sesuai dengan iklim tropis di Indonesia:

$$B = \rho * \exp[-1,499 + 2,148 \ln D + 0,207 \ln D^2 - 0,0281 \ln D^3] \dots (1)$$

Keterangan: B=biomasa total (kg); D=diameter setinggi dada (m); ρ=kerapatan jenis pohon (gr/cm³)
Estimasi *Biomass Expansion Factor* dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut (Brown 1997).

$$Total\ Berat\ Kering = \frac{Berat\ Kering\ sub\ contoh\ (gram)}{Berat\ Basah\ sub\ contoh\ (gram)} * Total\ Berat\ Basah \dots (2)$$

Estimasi nilai karbon dilakukan dengan menggunakan rumus BSN (2011):

$$C = B \times 0,47 \dots (3)$$

Keterangan: C=karbon (kg); B=biomasa tumbuhan (kg); 0,47=faktor konversi standar internasional

untuk estimasi karbon.

Nilai total estimasi simpanan karbon diperoleh dengan menggunakan rumus BSN (2011):

$$C_{total} = \left(\frac{\sum C_{plot}}{n_{plot}} \right) \times \text{luas area} \dots (4)$$

Keterangan: ΣC_{plot}=jumlah total karbon pada seluruh klaster plot; n_{plot}=jumlah klaster plot.

Pada nekromasa, meskipun sama-sama menggunakan rumus Chave et al. (2005) untuk mengetahui nilai per individu nekromasanya, faktor koreksi harus digunakan pada pohon mati yang dikategorikan menjadi beberapa variasi (Gambar 3).

Analisis statistik diperlukan untuk mengetahui *sampling error* penelitian yang dilakukan dengan metode sampling. Analisis statistik mengenai nilai karbon digunakan untuk menentukan besar *sampling error* yang diperoleh dengan rumus statistik yang digunakan oleh Darmawan et al. (2020), yang juga digunakan untuk mencari interval nilai estimasi simpanan karbon (Tabel 2).



Gambar 3. Kategori pohon mati berdasarkan simpangan karbon: A tersisa 90%; B tersisa 80%; C tersisa 70% dan D bervariasi (Manuri et al. 2011)

Figure 3. Deadwood categories according to carbon stock: 90%, 80%, 70%, and D varied (Manuri et al. 2011)

Tabel 2. Analisis statistik untuk *sampling error*
Table 2. Statistical analysis for error sampling

Jenis tutupan lahan	Statistical Analysis							
	Rerata/Mj	Simpangan Baku/SD	Sample (n)	t-stat at 95% (t)	Confidence Interval/CI	Lower Bound/LB	Upper Bound/UP	Sampling Error/SE (%)
Tutupan lahan ke-j	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Mi$	$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Mi - Mj)^2}$	3	4,30	$\frac{SD \times t}{\sqrt{n}}$	Mj-CI	Mj+CI	$\frac{Mj}{CI} \times 100\%$
			5	2,78				
			8	2,37				
			10	2,26				
			50	2,01				
			100	1,98				
			∞	1,96				

Keterangan: Mi=jumlah stok karbon (dalam tC/ha) dari klaster-i dalam jenis tutupan hutan-j; n=jumlah klaster dalam jenis tutupan hutan-j

Remarks: Mi=amount of carbon stock (in tC/ha) from cluster-i in forest cover type-j; n=number of clusters in forest cover type-j

Hasil dan Pembahasan

Spesies pohon pada hutan rakyat

Jenis-jenis pohon yang telah diinventarisasi pada hutan rakyat ini tersaji pada Tabel 3.

Spesies pohon yang ditemukan di hutan rakyat ini mencapai 31 jenis (Tabel 3) yang terdiri dari 17 jenis tanaman kehutanan, 11 jenis *Multi-Purposes Tree Species* (MPTS), dan 3 jenis tanaman pertanian/perkebunan dengan total yang diinventarisasi sebanyak 1204 individu pada 15 klaster plot. Lima belas klaster plot ini memiliki struktur dan komposisi tegakan yang sama. Pohon dengan nilai kerapatan tertinggi pada hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya adalah kakao (*Theobroma cacao*) dengan nilai 60,85 individu/ha. Menurut Nurdina et al. (2015) lahan

agroforestri tanamannya mayoritas didominasi oleh kakao.

Meskipun tanaman kakao mendominasi hutan rakyat yang dikelola dengan sistem agroforestri ini, namun melinjo (*Gnetum gnemon*) menjadi tanaman yang paling besar dalam menyumbang simpanan karbon hutan rakyat ini dengan nilai mencapai 43,75 tC/ha, diikuti kakao (*Theobroma cacao*) sebesar 38,24 tC/ha dan jati (*Tectona grandis*) sebesar 35,99 tC/ha. Besarnya simpanan karbon pada beberapa spesies ini disebabkan oleh kerapatannya yang tinggi dan diameter batang tiap individu. Karbon yang ada pada vegetasi berasal dari hasil proses fotosintesis tanaman (Yuniawati et al. 2011) dan untuk pertumbuhan, pohon menyimpan cadangan karbon dari hasil proses

Tabel 3. Jenis pohon
Table 3. Trees species

No	Nama spesies	Nama ilmiah	Kerapatan jenis individu (jumlah/ha)	Simpanan karbon perjenis (tC/ha)
1	Akasia daun kecil	<i>Acacia mangium</i>	4,44	18,35
2	Akasia daun lebar	<i>Acacia auriculiformis</i>	0,51	5,60
3	Alpukat	<i>Persea americana</i>	2,22	16,10
4	Bayur	<i>Pterospermum javanicum</i>	10,09	20,97
5	Cempaka	<i>Michelia champaca</i>	9,74	23,17
6	Cengkeh	<i>Syzygium aromaticum</i>	1,37	10,57
7	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	6,84	12,76
8	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	0,34	2,22
9	Jabon	<i>Anthocephalus cadamba</i>	1,03	5,17
10	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	1,03	6,56
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	19,83	35,99
12	Jati putih	<i>Gmelina arborea</i>	0,34	5,57
13	Jengkol	<i>Archidendron jiringa</i>	2,56	4,63
14	Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	60,85	38,24
15	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	12,65	18,65
16	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	6,50	15,93
17	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	0,85	8,21
18	Kopi	<i>Coffea sp.</i>	4,27	9,30
19	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	1,88	6,53
20	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	4,44	16,85
21	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	6,67	12,72
22	Medang	<i>Blumeodendron kurziin</i>	0,85	9,89
23	Melinjo	<i>Gnetum gnemon</i>	20,85	43,75
24	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	2,74	13,91
25	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	17,44	17,38
26	Rambutan	<i>Nephelium la ppaceum</i>	1,20	20,09
27	Randu	<i>Ceiba petandra</i>	0,85	6,79
28	Sengon Buto	<i>Albizia chinensis</i>	1,20	11,03
29	Sengon Laut	<i>Albizia falcate</i>	0,17	7,07
30	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	0,85	6,69
31	Waru	<i>Hibiscus macrophyllus</i>	1,20	5,17

fotosintesis pada batang (Yamani 2013); semakin besar pertumbuhan suatu tanaman pada hutan maka akan berperan penting sebagai penyumbang stok karbon hutan.

Spesies lain sebagai penyimpan karbon dengan nilai terendah yakni flamboyan (*Dendropanax regia*) dengan nilai 2,22 tC/ha dan sekaligus spesies dengan nilai kerapatan yang rendah, yakni 0,34 individu/ha, namun nilai kerapatan paling rendah dimiliki spesies sengon laut (*Albizia falcate*) 0,17 individu/ha. Sengon laut merupakan spesies tanaman yang jarang ditanam dibandingkan jenis spesies oleh pengelola hutan rakyat yang cenderung memilih jenis MPTS yang bisa menghasilkan buah, seperti petai, jengkol, dan melinjo. Jenis MPTS disukai oleh masyarakat karena dapat menghasilkan komoditas bernilai ekonomi tinggi (Wanderi et al. 2019) dan dapat memberikan penghasilan rumah tangga secara rutin (Widarti et al. 2015).

Biomasa atas tanah (AGB), Nekromasa, Serasah dan Tumbuhan Bawah

Sumber *carbon pool* pada penelitian ini memberikan besar sumbangsih yang bervariasi dan besarnya digambarkan dalam satuan ton karbon per hektar (tC/ha). Nilai pada masing-masing gudang karbon tersaji pada Tabel 4.

Secara umum tiap *carbon pool* pada 15 klaster plot memiliki nilai yang berbeda. Nilai biomasa atas tanah (AGB) merupakan yang terbesar untuk simpanan

karbon dengan persentase mencapai 95,71% (Tabel 4). Nilai AGB terbesar terdapat pada klaster plot 13 dengan jumlah 83,12 tC/ha, sedangkan nilai AGB terkecil terdapat pada klaster plot 10 yaitu sebesar 42,74 tC/ha. Rata-rata besar nilai AGB adalah 52,25 tC/ha.

Nilai gudang karbon terbesar selanjutnya adalah nekromasa yang mencapai 4,23% dengan rata-rata nilai 2,31 tC/ha. Nilai nekromasa terbesar terdapat pada klaster plot 1 dengan nilai 6,68 tC/ha, sedangkan nilai terkecil nekromasa terdapat pada klaster plot 14 dengan nilai sebesar 0,28 tC/ha. Nilai nekromasa tersebut lebih besar di banding nilai nekromasa pada tempat penelitian Ristiara (2016) di hutan rakyat Pekon Kelungu, Tanggamus (0,81 tC/ha), namun juga tergolong lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai nekromasa pada penelitian Widyasari et al. (2010) di hutan rawa gambut bekas terbakar di Sumatera Selatan (64,37 tC/ha) dan pada penelitian Aprianto et al. (2016) di kawasan hutan lindung Register 39 Datar Setuju, Kabupaten Tanggamus (104,62 tC/ha). Nilai nekromasa ini dipengaruhi oleh dari banyaknya temuan pohon mati pada suatu area penelitian.

Serasah dan tumbuhan bawah menjadi penyumbang gudang karbon dengan nilai terkecil dibandingkan AGB ataupun nekromasa, nilainya yakni sebesar 0,05% dengan rata-rata 0,03 tC/ha. Setiap klaster plot memiliki besar nilai yang bervariasi dan nilai terbesar estimasi simpanan karbon untuk

Tabel 4. Nilai masing-masing gudang karbon
Table 4. The amount of each carbon pool

Gudang karbon	Klaster plot															Rata-rata (tC/ha)	Persentase (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
AGB (Above ground biomass)	42,14	50,13	45,61	64,84	43,98	53,67	55,18	46,84	43,12	42,74	47,97	50,08	83,12	65,95	48,43	52,25	95,71
Nekromasa	6,68	3,85	1,42	5,36	3,07	2,32	0,39	0,94	1,58	1,72	1,07	3,54	0,51	0,28	1,95	2,31	4,23
Serasah dan tumbuhan bawah	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05
	Total															54,59	100%

serasah dan tumbuhan bawah terdapat pada klaster plot 15 dengan nilai 0,04 tC/ha, sedangkan nilai terkecil estimasi simpanan karbon untuk serasah dan tumbuhan bawah terletak pada klaster plot 10 dan 13 dengan nilai 0,02 tC/ha. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya sumbangsih nilai serasah dan tumbuhan bawah pada hutan rakyat ini adalah kondisi lantai hutan rakyat di beberapa lokasi yang dijumpai sering dilakukan pembersihan oleh para petani pemilik lahan. Kemudian jika nilai ini dibandingkan dengan hutan rakyat di Pekon Kelungu Kabupaten Tanggamus pada penelitian Ristiara et al. (2017) nilainya jauh lebih rendah (0,89 tC/ha) dan jika dibandingkan dengan area penggunaan lain nilai karbon serasah dan tumbuhan bawah pada hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya ini juga ternyata jauh lebih rendah seperti pada penelitian Nofrianto et al. (2018) di Arboretum Lancang Kuning yang mencapai 12,43 tC/ha (hasil olah data biomassa). Pada kawasan suksesi alami di area pengendapan Tailing PT Freeport Indonesia yang mencapai 27,35 tC/ha untuk tumbuhan bawah dan 3,14 tC/ha untuk serasah pada blok B4BB di area tersebut (Windusari et al. 2012). Hutan alam mempunyai peran yang penting dalam menyimpan karbon global karena hutan alam terbentuk oleh tanaman berkayu dengan tingkat keragaman yang tinggi dengan tumbuhan bawah dan tumpukan serasah yang banyak sehingga hutan alam merupakan penyimpan karbon tertinggi dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan (SPL) pertanian (Hairiah & Rahayu 2007).

Simpanan karbon per klaster plot

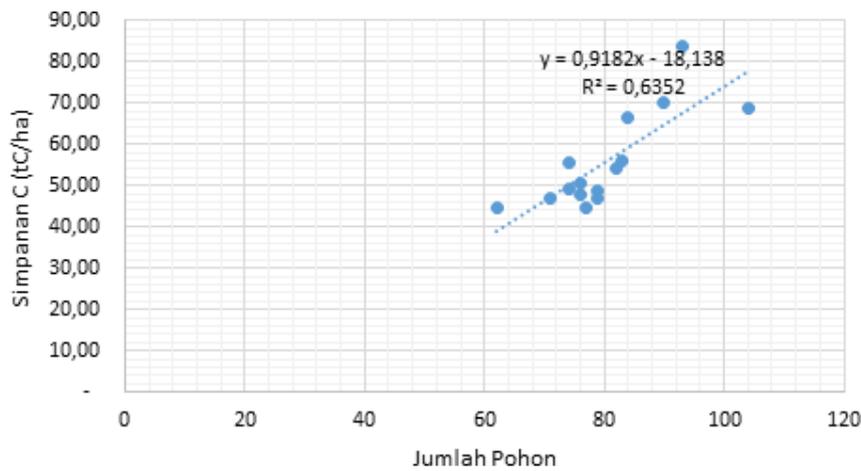
Rerata estimasi simpanan karbon pada hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya adalah sebesar 54,59 tC/ha. Masing-masing *carbon pool* pada 15 klaster plot memiliki nilai estimasi simpanan karbon yang bervariasi, namun nilai terbesar terletak pada klaster plot 13 dengan total 83,64 tC/ha dan untuk nilai

terkecil terletak pada klaster plot 10 dengan nilai 44,49 tC/ha yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Perbedaan nilai simpanan karbon antar klaster plot dipengaruhi oleh jumlah dan jenis vegetasi. Klaster plot 13 mempunyai simpanan karbon dengan nilai paling besar disebabkan oleh jumlah dan jenis tanaman yang lebih banyak dibandingkan dengan klaster plot lainnya (kecuali klaster plot 12). Klaster 12 mempunyai jumlah individu paling banyak, namun klaster plot 13 mempunyai lebih banyak jenis MPTS dan beberapa tanaman kehutanan yang memiliki diameter lebih besar dibandingkan dengan tanaman pada klaster plot 12 sehingga menyebabkan simpanan karbonnya lebih besar. Cadangan karbon pada sistem agroforestri dapat berbeda tergantung struktur dan komponen penyusunnya (Albrecht & Kandji 2003). Cadangan karbon juga akan ditentukan oleh umur tegakan (Hairiah et al. 2011) seperti pada kondisi hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya. Meskipun kondisi vegetasinya seragam pada seluruh plot pengamatan, namun terjadinya perbedaan besar simpanan karbon disebabkan oleh umur tegakan yang berbeda antar plot.

Jumlah vegetasi juga menyebabkan perbedaan besar simpanan karbon antar klaster plot. Hubungan antara besar simpanan karbon dengan jumlah individu yang menyebabkan terjadinya perbedaan simpanan karbon antar klaster plot disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah individu pohon maka jumlah simpanan karbon juga akan semakin besar. Klaster plot dengan nilai simpanan karbon yang rendah cenderung mempunyai jumlah pohon yang sedikit. Hal tersebut ditunjukkan dalam bentuk garis linear pada grafik di atas. Namun demikian, jumlah simpanan karbon tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah individu pohon saja, tetapi juga dipengaruhi oleh komposisi vegetasi, stratifikasi hutan (berkaitan dengan distribusi umur



Gambar 4. Hubungan antara jumlah pohon dan nilai simpanan karbon
Figure 4. Relationship between number trees and carbon storage

Tabel 5. Hasil perhitungan analisis statistik
Table 5. Results of statistical analysis

Rerata	Simpangan Baku (Standard Deviation)	n (sampel)	t-stats	CI (Confidence Interval)	LB	UB	SE(%)
54,59	10,92	15,00	2,01	5,67	48,93	60,26	10,38

pepohonan), dan kerapatan vegetasi, kondisi fisik lingkungan seperti iklim, kemiringan lereng, bentuk lahan, jenis tanah, dan batuanannya (Sudayarti 2013).

Estimasi simpanan karbon

Analisis statistik yang digunakan yakni untuk mencari interval nilai estimasi simpanan karbon dan *sampling error* penelitian. Hasil akhir dari analisis statistik tersaji pada Tabel 5.

Rerata estimasi simpanan karbon adalah 54,59 tC/ha dengan standar deviasi sebesar 10,92 dan jumlah sampel/klaster plot sebanyak 15, t-stat 2,01, dan selang kepercayaan sebesar 5,67, sehingga rentang nilai estimasi simpanan karbon pada hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya ini yaitu antara 48,93 tC/ha sampai 60,26 tC/ha. *Sampling error* dari penelitian ini adalah 10,38%. Nilai ini menunjukkan bahwa pengambilan jumlah *sampling* pada penelitian sudah mendekati kondisi populasi. Nilai ini tergolong jauh lebih rendah dibandingkan penelitian Ikhwan et al. (2017) yang menggunakan intensitas *sampling*

21,68% menghasilkan *sampling error* sebesar 14,43–53,34%. Menurut Sutarahardja et al. (1982), besarnya resiko atau kesalahan *sampling* bagi sesuatu pengamatan yang masih memenuhi syarat ketelitian berkisar antara 5%–10% dan semakin kecil *sampling error* yang diperoleh maka semakin besar tingkat ketelitian yang diperoleh pada suatu pengukuran.

Kesimpulan

Besar estimasi simpanan karbon pada hutan rakyat Kelurahan Pinang Jaya memiliki rerata nilai sebesar 54,59 tC/ha dengan interval nilai antara 48,93 tC/ha sampai 60,26 tC/ha. *Sampling error* pada penelitian ini sebesar 10,38%. Petani dapat meningkatkan nilai simpanan karbon yang ada dengan melakukan kegiatan penanaman jenis tanaman kehutanan dan atau MPTSyang berkorelasi positif dengan peningkatan nilai karbon yang tersimpan dan membantu meningkatkan peran petani hutan rakyat dalam mitigasi perubahan iklim global.

Daftar Pustaka

- Afriansyah D, Duryat, Kaskoyo H. 2019. Kontribusi komposisi vegetasi dalam penyimpanan dan serapan karbon di hutan rakyat desa Negara Ratu II Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Belantara* 2(2):112-118.
- Aprianto D, Christine W, Niskan WM. 2016. Karbon tersimpan pada kawasan sistem agroforestri di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegi Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari* 4(1):21-30.
- Albrecht A, Kandji ST. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 99:15-27.
- Al-Reza DD, Hermawan R, Prasetyo LB. 2017. Potensi cadangan karbon di atas permukaan tanah di Taman Hutan Raya Pancoran Mas, Depok. *Jurnal Media Konservasi* 22(1):71-78.
- BRG. 2018. Penentuan tingkat rujukan (reference level) untuk menduga penurunan emisi dari restorasi gambut. Hlm. 61. Badan Restorasi Gambut Republik Indonesia. Jakarta.
- BSN. 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon. Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting). Hlm. 24. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Boy J. 2018. Seeing the forest not for the carbon: why concentrating on land-use-induced carbon stock changes of soils in Brazil can be climate-unfriendly. *Jurnal Reg Environ Change* 18: 63-75.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest a primer. USA : FAO. Forestry Paper 134:10-13.
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Folster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescuré J-P, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Riera B, Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of and balance in tropical forests. *Jurnal Oecologia* 145:87-99.
- CIFOR. 2017. Cadangan karbon di lahan gambut. <https://core.ac.uk/download/pdf/193250939.pdf> (diakses Juli 2020).
- Darmawan A, Warta Z, Molidena E, Valla A, Firdaus MI, Hisan, Winarno GD, Winarno B, Rusolono T, dan Tsuyuki S. 2020. Aboveground forest carbon stock in protected area: A case study of Bukit Tigapuluh National Park, Indonesia. *Under review*.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran cadangan karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan: petunjuk praktis edisi kedua. World Agroforestry Centre: ICRAF SEA Regional Office, Universitas Brawijaya. Malang. 110 hlm.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Ikhwan M, Sadjati E, dan Insusanty E. 2017. Pendugaan potensi tegakan ekaliptus (*Eucalyptus pellita* F. Meull). *Jurnal Wahana Forestra* 12(2):130-137.
- Ivando D, Banuwa IS, Bintoro A. 2019. Karbon tersimpan pada berbagai tipe kerapatan tegakan di hutan rakyat Desa Sukoharjo I Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Belantara* 2(1):53-61.
- Kaskoyo H, Mohammed A, Inoue M. 2017. Impact of community forest program in protection forest on livelihood outcomes : a case study of Lampung Province, Indonesia. *Journal of Sustainable Forestry* 36:250-263.
- Keputusan Menteri Kehutanan Nomor P. 88/Menhut-II/2003 tentang Hutan primer.
- Mangold R. 1997. Forest Health Monitoring: Field Methods Guide. Buku. USDA Forest Service. New York. 246 hlm.
- Manuri S, Putra CAS dan Saputra AD. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation (GIZ). Palembang.
- Murdiyarso D, Hergoualch K, Basuki I, Sasmito SD, Hanggara B. 2017. Carbon stocks. p.2. Bogor. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/flyer/6439-flyer.pdf (diakses Desember 2020).
- Nair PKR, Kumar BM, Nair VD. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition Soil Science* 172:10-23.
- Nofrianto, Ratnaningsih AT, Ikhwan M. 2018. Pendugaan potensi karbon tumbuhan bawah dan serasah di Arboretum Universitas Lancang Kuning. *Jurnal Wahana Forestra* 13(2):144-155.
- Nurdina, IF., Kustanti A. dan Hilmanto R. 2015. Motivasi petani dalam mengelola hutan rakyat di desa sukoharjo 1 Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Sylva Lestari* 3(3):51-62.
- Purwanto RH. 2012. Potensi biomasa dan simpanan karbon jenis-jenis tanaman berkayu di hutan rakyat Desa Nglanggeran, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 4(1):128-141.
- Ristiara L. 2016. Estimasi Karbon Tersimpan pada Hutan Rakyat di Pekon Kelunggu Kabupaten Tanggamus. Skripsi : Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ristiara L, Hilmanto R, Duryat. 2017. Estimasi karbon tersimpan pada hutan rakyat di Pekon Kelunggu Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari* 5(1):128-138.
- Rizki GM. 2016. Perbandingan emisi karbon dengan karbon tersimpan di hutan rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari* 4(1):89-96.
- Safe'i R, Hardjanto, Supriyanto, dan Sundawati L. 2015. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan rakyat sengon (*Falcataria moluccana*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 12(3):175-187.
- Sudayarti FD. 2013. Simpanan karbon pada komponen biomassa vegetasi hutan rakyat di Desa Plipir, Kecamatan Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sugirahayu L, Rusdiana O. 2011. Perbandingan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya. *Jurnal Silviculture Tropika* 2(3):149-155.
- Sutarahardja SS, Hardjorajitno S, Manan, Ngadino W, Soekotjo P, Wiroatmodjo Y, Setiadi R, Atmawidjaja HB,

- Nasoetion, Soediono J. 1982. Pedoman dan petunjuk inventarisasi hutan. Direktorat Bina Program Kehutanan Bogor. Bogor.
- Widiyanto, A. 2011. Mitigasi perubahan iklim melalui agroforestri: sebuah perspektif. Jurnal Hutan Indonesia 2(1):1-11
- Wanderi W, Qurniati R, Kaskoyo H. 2019. Kontribusi tanaman agroforestri terhadap pendapatan dan kesejahteraan petani. Jurnal Sylva Lestari 7(1):118-127.
- Widarti A. 2015. Kontribusi hutan rakyat untuk kelestarian lingkungan dan pendapatan. In Prosiding Seminar Nasional Masyarakat. Biodiversity Indonesia. 1(7):1622-1626.
- Widyasari NAE, Saharjo BH, Solichin, Istomo, 2010. Pendugaan biomassa dan potensi karbon terikat di atas permukaan tanah hutan rawa gambut bekas terbakar di Sumatera Selatan. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia 15(1):41-49.
- Windusari Y, Nur APS, Yustian N, Zulkifli H. 2012. Dugaan cadangan karbon biomassa tumbuhan bawah dan serasah di kawasan suksesi alami pada area pengendapan tailing PT Freeport Indonesia. Biospecies 5(1):22-28.
- Yamani A. 2013. Studi kandungan karbon pada hutan alam sekunder di hutan pendidikan Mandiangin Fakultas Kehutanan Unlam. Jurnal Hutan Tropis 1(1):85-91.
- Yuniawati, Budiman A, Elias. 2011. Estimasi potensi biomassa dan massa karbon hutan tanaman *Acacia crassicarpa* di lahan gambut: studi kasus di areal HTI Kayu Serat di Pelalawan, Provinsi Riau. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 29(4):343-355.