

**ANALISIS KETERKAITAN CADANGAN KARBON DENGAN PENYERAPAN CO<sub>2</sub>  
DAN PELEPASAN O<sub>2</sub> PADA TUTUPAN LAHAN HUTAN SEKUNDER DAN  
KELAPA SAWIT DI KABUPATEN LUWU TIMUR**

*Analysis Of The Linkage Of Carbon Reserves With CO<sub>2</sub> Absorption And O<sub>2</sub> Release In  
Secondary Forest And Oil Palm Land Cover In East Luwu Regency*

Sakti Swarno Karuru<sup>1\*</sup>, Burhanuddin Rasyid<sup>2</sup>, Syamsuddin Millang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sistem - Sistem Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

<sup>2</sup> Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar Indonesia.

<sup>3</sup> Departemen Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

\*Email: [Saktikaruru001@gmail.com](mailto:Saktikaruru001@gmail.com)

Doi : 10.20956/ecosolum.v9i2.12285

### ABSTRACT

This study aims to describe the linkage of carbon stocks in secondary forest and oil palm land cover to the amount of CO<sub>2</sub> absorbed and the release of O<sub>2</sub> to estimate carbon stocks in land cover in secondary forest and oil palm. The research use sample plot size 20 x 50 that taken 9 times for each land cover. Biomass data was collected using non-destructive sampling, since for undergrowth and necromass using destructive sampling by cutting and taking all the undergrowth and litter that are in a 1 x 1 meter quadrant. There are two kinds of soil sampling that collected; disturbed soil and intact soil. The results showed that the ability of each type of plant had varying values of carbon stock, CO<sub>2</sub> absorption and oxygen release on land cover. The value of carbon stock, CO<sub>2</sub> absorption and oxygen release respectively on land cover, namely on secondary forest land cover is 265.86 tons / ha, 974.82 tons / ha and 708.96 tons / ha and oil palm is 100.89 tons / ha, 369.93 tons / ha and 269.04 tons / ha.

Keywords: Carbon Reserves, Secondary Forest, Oil Palm, Carbon

### PENDAHULUAN

Pemanasan global dan perubahan iklim yang terjadi belakangan ini disebabkan karena terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Keseimbangan dipengaruhi oleh peningkatan gas asam arang atau karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>) dan nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), yang lebih dikenal dengan gas rumah kaca (GRK). Konsentrasi GRK saat ini telah mencapai tingkat yang membahayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem. Konsentrasi GRK di atmosfer meningkat sebagai akibat dari pengelolaan lahan yang tidak tepat, seperti pembakaran vegetasi hutan dan perubahan hutan menjadi lahan pertanian yang mengakibatkan kerusakan lingkungan, perubahan jumlah cadangan karbon dan perubahan iklim (Kurniatun Hairiah dan Andree Ekadinata, 2011).

Hutan alami merupakan penyimpan karbon (C) tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan pertanian. Bila hutan diubah fungsinya menjadi lahan-lahan pertanian atau perkebunan maka jumlah C tersimpan akan merosot. Jumlah C tersimpan antar lahan tersebut berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya (Hairiah and Rahayu, 2007). Pada skala global C tersimpan dalam tanah jauh lebih besar dari pada yang tersimpan di vegetasi. Tanah merupakan penyimpan C terbesar pada semua regional ekosistem (bioma), sedang vegetasi penyimpan C terbesar adalah pada bioma hutan. (Ratag, 2017).

Indonesia memiliki berbagai macam penggunaan lahan, mulai dari yang paling ekstensif misalnya agroforestri kompleks yang menyerupai hutan, hingga yang paling intensif sebagai sistem pertanian monokultur. Keragaman jenis tanaman pada berbagai penggunaan lahan atau tutupan lahan di kabupaten Luwu Timur tentunya memiliki kecenderungan yang berbeda dalam kemampuan menyerap hingga jumlah cadangan karbon. Selain itu perbedaan kegiatan dalam pengelolaan lahan oleh masyarakat sekitar serta kerapatan vegetasi menjadi faktor tambahan penyebab nilai cadangan karbon di setiap penutup lahan berbeda.

Jumlah C yang tersimpan antar lahan memiliki nilai yang berbeda-beda. Dibutuhkan pengukuran untuk mengetahui jumlah cadangan karbon yang tersedia. Pengukuran jumlah karbon yang tersimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomasa) pada suatu lahan dapat memberikan gambaran banyaknya CO<sub>2</sub> di atmosfer yang diserap oleh tanaman, Sedangkan pengukuran cadangan karbon yang tersimpan dalam bagian tanaman yang telah mati (nekromasa) secara tidak langsung memberikan gambaran CO<sub>2</sub> yang tidak dilepaskan ke udara melalui pembakaran.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterkaitan cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder dan kelapa sawit terhadap banyaknya CO<sub>2</sub> yang diserap dan O<sub>2</sub> yang dilepaskan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan pertimbangan dalam memanfaatkan dan mengelola tutupan lahan. Selain itu dapat menambah pemahaman potensi pengetahuan tentang cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder dan kelapa sawit, serta menjadi bahan penilaian dan dasar perhitungan bagi masyarakat dan pemerintah daerah dalam penjualan karbon dimasa depan.

## **METODOLOGI**

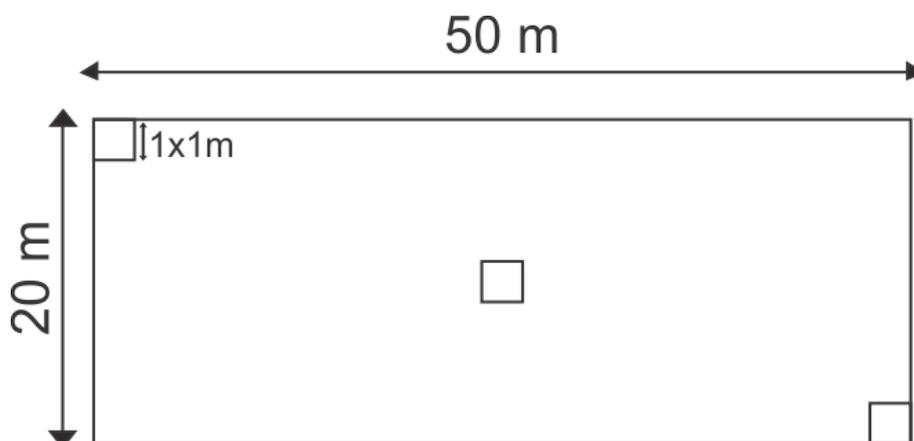
Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2019 di Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Penggunaan lahan yang dianalisis yaitu hutan sekunder dan perkebunan kelapa sawit. Setelah

mengumpulkan sampel, analisis sampel tanah dilakukan di laboratorium kimia dan kesuburan tanah Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS (*Geographical Positioning System*), meteran gulung 50 m, tali berwarna, pita ukur, hagameter, patok, bingkai kuadran aluminium 1 m<sup>2</sup>, amplop sampel, kotak besi dengan volume 4000 cm<sup>3</sup>, sekop, kantong sampel dan karet gelang, timbangan analitik 0.01 g, oven, dan pH meter digital.

Data primer adalah data yang diambil secara langsung dari lapangan menggunakan metode *destructive sampling* kemudian dianalisis di laboratorium meliputi jenis pohon, biomasa pohon, serasah, nekromasa, tumbuhan bawah dan sampel tanah. Pengumpulan data sekunder yaitu, data yang berkaitan dengan kondisi umum lokasi, curah hujan, jenis tutupan lahan, luas tutupan lahan, laporan dan publikasi ilmiah dari berbagai instansi pemerintah.

### Pengumpulan Data

Penentuan titik pengambilan sampel yaitu biomasa, nekromasa, serasah dan tanah, dilakukan pada setiap unit tutupan lahan dengan kondisi vegetasi yang cukup seragam dan mewakili tutupan lahan tersebut. Pengambilan sampel dilapangan dilakukan dengan membuat plot yang berukuran 50 m x 20 m (Gambar 1), selanjutnya dilakukan pengulangan sebanyak 9 kali pada tiap tutupan lahan berupa hutan sekunder dan kelapa sawit.



Gambar 1. Plot pengamatan dan pengambilan sampel pada lahan.

Keterangan =  Sub Plot Pengambilan sampel tumbuhan bawah dan serasa

Data biomasa pohon diambil dari data pengukuran diameter batang setinggi dada (*Diameter at Breast Height*  $\geq$  3 cm) atau tinggi sekitar 1,3 m dari permukaan tanah yang dilakukan dengan cara tanpa merusak sampel (*non-destructive sampling*). Sedangkan data biomasa tumbuhan bawah (*Diameter at Breast Height*  $<$  3 cm) dan serasah dilakukan dengan

cara merusak sampel (*destructive sampling*). Pengukuran data keliling untuk pohon yang mati berdiri, dilakukan pada tinggi batang 1,3 m diatas permukaan tanah, sedangkan pohon yang mati rebah cabang, ranting, dan tunggul, pengukuran keliling dilakukan pada kedua ujungnya. Bagian nekromasa yang belum terlapuk diduga presentasinya, 100% untuk nekromasa yang masih utuh dan 50% untuk nekromasa yang setengah bagian terlapuk. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 tingkat kedalaman yakni 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Sampel tanah yang diambil terdiri dari sampel tanah terganggu dan sampel tanah utuh, untuk analisis tekstur, berat isi tanah, pH KCl, pH H<sub>2</sub>O dan C-organik.

## Analisis Data

### Perhitungan Biomasa Pohon

Perhitungan biomasa pohon dilakukan dengan persamaan allometrik yang telah dikembangkan sebelumnya. Model persamaan allometrik yang digunakan adalah model yang dikembangkan oleh Chave *et al* (2005) (1), dan Lubis (2015) (2). Model tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Pohon } W = \rho * \exp(-1.499+2.148 \ln(D)+0.207 (\ln(D))^2- 0.0281 (\ln(D))^3). \quad (1)$$

$$\text{Kelapa Sawit } W = 0.002382 D^2.3385. H^{0,9411}. \quad (2)$$

- W = Biomasa pohon, kg/pohon;
- D = DBH (diameter batang setinggi dada cm)
- H = Tinggi pohon, m
- P = BJ kayu, g/cm<sup>3</sup>

### Perhitungan Nekromasa

Mengestimasi cadangan karbon pada nekromasa, dilakukan dengan mengukur diameter atau lingkaran batang dan panjang atau tinggi pohon. Diameter dan pohon yang tidak bercabang dihitung berdasarkan volume silinder nekromasa dengan persamaan:

$$D = \frac{(\text{Lingkaran batang rata-rata})}{\pi} \quad (3)$$

$\pi = 3,14$

$$\text{BK (kg/nekromasa)} = \pi \rho H D^2 / 40 \times \% \text{pelapukan} \quad (4)$$

- BK = Berat kering nekromasa
- H = Panjang/tinggi nekromasa (m)
- D = Diameter nekromasa (cm)
- P = Berat jenis kayu (g/cm<sup>3</sup>)

### **Pengambilan Data Tumbuhan Bawah dan Serasah**

Sub contoh tumbuhan bawah dimasukkan ke dalam amplop, diberi label, lalu dioven pada suhu 80 °C selama 48 jam. Selanjutnya, sub contoh yang sudah dikeringkan ditimbang agar diketahui berat keringnya. Berat biomasa tumbuhan bawah dihitung dengan persamaan:

$$\text{Total BK (g)} = \text{BKsc (g)} / \text{BBsc(g)} \times \text{BBtot (g)} \quad (5)$$

BK = Berat kering biomasa tumbuhan

BKsc dan BBsc = Berat kering dan berat basah sub-contoh biomasa

BBtot = Berat basah total dari biomasa.

### **Penaksiran Biomasa Akar Pohon**

Penaksiran biomasa akar pohon dilakukan dengan menggunakan nilai terpasang (default value), yaitu berdasarkan nilai nisbah tajuk dan akar. Rasio umum antara biomasa tajuk dan bagian akar untuk hutan tropika basah di lahan kering adalah 4 : 1 (Mokany *et al.*, 2006).

### **Penaksiran Cadangan Karbon Tanah**

Cadangan karbon permukaan bawah tanah dihitung berdasarkan data kerapatan isi dan kadar C-organik dari setiap lapisan tanah. Berat tanah di setiap lapisan per satuan luas dihitung dengan persamaan :

$$\text{Mt-n} = \text{Vt-n} \times \text{BI-n} \quad (6)$$

Mt-n = Masa tanah pada lapisan tanah

Vt-n = Volume tanah pada lapisan n

BI-n = Berat isi tanah pada lapisan

$$\text{MCn} = \text{Mtn} \times \text{MCn} \quad (7)$$

MCn = Masa karbon (ton) pada lapisan setebal n

Mtn = Masa tanah kering (ton) pada lapisan setebal n

MCn = Masa karbon (ton/ton) pada lapisan setebal n, dalam satuan luas perhektar

### **Estimasi Cadangan Karbon di Tingkat Lahan**

Semua data total biomasa pohon, biomasa akar, nekromasa dan serasah adalah hasil taksiran akhir cadangan karbon (Hairiah and Rahayu, 2007). Cadangan karbon diestimasi dengan mengikuti aturan bahwa 46% biomasa adalah karbon. Sehingga estimasi cadangan karbon per komponen dapat dihitung dengan persamaan :

$$C = M_{\text{bionek}} \times 0.46 \quad (8)$$

C = Cadangan C

$M_{\text{bionek}}$  = Berat kering biomasa atau nekromasa

0.46 = Konstanta faktor

### **Perhitungan CO<sub>2</sub>-ekuivalen dan Pelepasan Oksigen**

CO<sub>2</sub>- ekuivalen dihitung menggunakan perbandingan massa atom relative C (12) dan massa molekul relatif CO<sub>2</sub> (44) (Kemenhut, 2013), dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{CO}_2 - \text{ekuivalen} = 44/12 \times \text{stok karbon} \quad (9)$$

Perhitungan pelepasan oksigen (net release) didasarkan pada jumlah oksigen yang dihasilkan selama fotosintesis dikurangi dengan jumlah oksigen terpakai selama respirasi tanaman. Jumlah produksi oksigen dapat diduga dari sekuestrasi karbon berdasarkan berat atom (Salisbury dan Ross, 1978), dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Net O}_2 = \text{net C} \times 32/12 \quad (10)$$

Net O<sub>2</sub> = Pelepasan oksigen dan

Net C = Sekuestrasi karbon

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Total Cadangan Karbon pada Hutan Sekunder dan Kelapa Sawit**

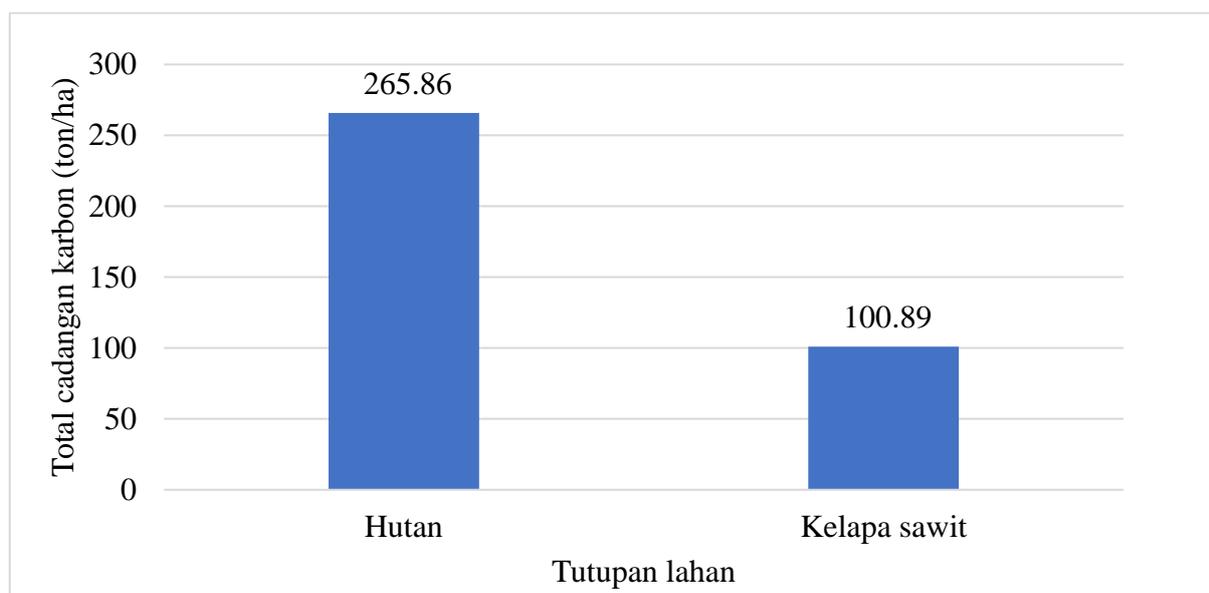
Berdasarkan Tabel 1, tutupan lahan yang memiliki cadangan karbon total tertinggi adalah hutan sekunder yaitu 265,86 ton/ha, dan terendah adalah kelapa sawit dengan nilai cadangan karbon total 100,89 ton/ha. Tingginya karbon yang tersimpan pada tutupan lahan hutan sekunder disebabkan oleh keanekaragaman populasi tumbuhan, komposisi diameter pohon, umur pohon, dan berat jenis vegetasi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa total stok karbon yang tersimpan di permukaan tanah, pohon, tumbuhan bawah, nekromassa, serasah, cadangan karbon permukaan bawah tanah (akar dan tanah) memiliki hasil nilai karbon total yang berbeda disetiap tutupan lahan. Nilai dan grafik total cadangan karbon dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa tutupan lahan yang memiliki kapasitas penyimpanan karbon tertinggi adalah hutan sekunder sedangkan kelapa sawit sebagai penyimpan karbon terendah. Jumlah karbon yang tersimpan dalam tutupan lahan ini bervariasi karena keanekaragaman jenis tanaman, diameter tanaman, kerapatan tanaman, tinggi tanaman, jarak tanam, jenis tanah, dan pengelolaan lahan. Penelitian ini hampir setara dengan hasil

penelitian Maulana (2010) di Distrik Yaspi Jayapura yang menghasilkan nilai karbon total 269,63 ton/ha di pegunungan sedang, tetapi di perbukitan sedang nilainya jauh lebih besar yaitu 419,74 ton/ha. Sedangkan, pada tutupan lahan perkebunan kelapa sawit, nilai stok karbon pada penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian Maulana, (2010) dengan nilai 80,09 ton/ha, namun lebih kecil dari hasil penelitian Yuliyanto (2015) tentang pendugaan cadangan karbon yang tersimpan pada kelapa sawit di Bengkulu dengan kandungan karbon di atas permukaan tanah berkisar antara 6,98 - 69,32 ton/ha.

Tabel 1. Total cadangan karbon pada tutupan lahan

Tutupan lahan	Kandungan karbon (ton/ha)						Total
	Pohon	Tumbuhan bawah	Nekromasa berkayu	Serasah	Akar	Tanah	
Hutan Sekunder	165,17	0,20	2,41	2,14	41,34	54,60	265,86
Kelapa sawit	32,16	0,21	-	1,04	8,09	59,38	100,89



Gambar 2. Grafik total cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder dan kelapa sawit

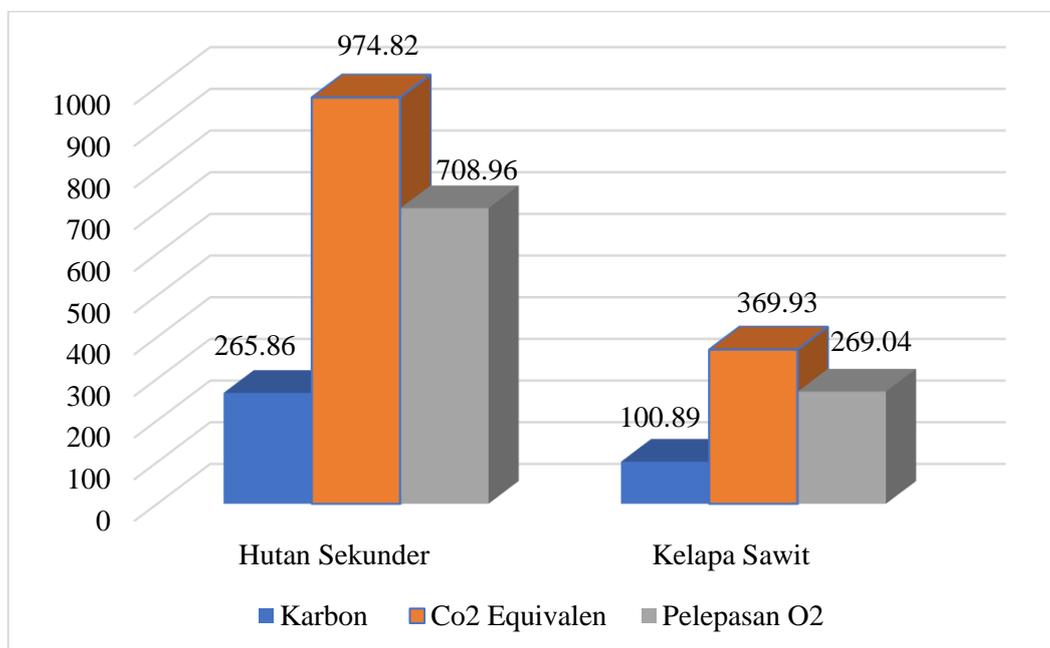
### Total Serapan CO<sub>2</sub> dan Pelepasan Oksigen

Berdasarkan Tabel 2, nilai serapan CO<sub>2</sub> tutupan lahan hutan sekunder adalah 974,82 ton/ha dan pada tutupan lahan kelapa sawit sebesar 369,93 ton/ha, sedangkan untuk nilai pelepasan oksigen (O<sub>2</sub>) pada tutupan lahan hutan sekunder sebesar 708,96 ton/ha dan pada tutupan kelapa sawit sebesar 269,04 ton/ha. Hasil ini menunjukkan bahwa perhitungan serapan CO<sub>2</sub> berbanding lurus dengan nilai pelepasan oksigen dimana semakin tinggi nilai serapan CO<sub>2</sub>

maka pelepasan oksigen akan tinggi pula. Hal ini dikarenakan perhitungan nilai serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan oksigen bergantung pada besarnya nilai cadangan karbon di masing – masing tutupan lahan. Nilai dan grafik total Serapan CO<sub>2</sub> dan Pelepasan O<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Total serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan oksigen

<b>Tutupan Lahan</b>	<b>Karbon</b>	<b>CO<sub>2</sub> Equivalen (ton/ha)</b>	<b>Pelepasan O<sub>2</sub> (ton/ha)</b>
Hutan Sekunder	265,86	974,82	708,96
Kelapa Sawit	100,89	369,93	269,04



Gambar 3. Perbandingan Total Cadangan karbon, serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan oksigen

Hasil penelitian yang dilakukan Ariyanti (2018) tentang pengukuran serapan CO<sub>2</sub> di hutan alam Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Kabupaten Pesisir Barat Lampung memperoleh total rata – rata serapan CO<sub>2</sub> sebesar 1.257,20 ton/ha dan agroforestri repong damar sebesar 901,11 ton/ha. Nilai tersebut lebih besar apabila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian ini. Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Karina (2017) pada hutan rakyat berbasis agroforestri di Kabupaten Garut, nilai serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan O<sub>2</sub> terlihat lebih rendah dari hasil penelitian yang diperoleh yaitu masing-masing sebesar 250,93 ton/ha dan 182,49 ton/ha. Perbedaan ini tentunya disebabkan oleh beberapa

faktor seperti jenis tanaman, umur tanaman, suhu, sinar matahari dan kualitas lahan (ketersediaan air dan nutrisi) (Oktavianto *et al.*, 2015).

## **KESIMPULAN**

Setiap tutupan lahan memiliki nilai cadangan karbon, serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan O<sub>2</sub> yang bervariasi. Cadangan karbon yang tinggi pada suatu tutupan lahan menunjukkan serapan CO<sub>2</sub> dan pelepasan oksigen juga tinggi dan begitupula sebaliknya. Pada persamaan ini, tutupan lahan hutan sekunder memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tutupan lahan kelapa sawit.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional atas dukungannya dengan menyediakan sumber dana melalui skema pendanaan penelitian dengan kontrak No: 1517 / UN4.22 / PT.01.03 / 2020.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [Kemenhut], K.K., 2013. Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia: Peraturan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Nomor: P.01/VIII-P3KR/2012. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan Pusat Penelitian Dan Pengembangan Konservasi Dan Rehabilitasi.
- Ariyanti, D., 2018. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Dan Simpanan Karbon Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung. *Silvikultur Trop. - J. Trop. Silv. Sci. Technol.* 9, 167–174.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Hairiah, K., Rahayu, S., 2007. Pengukuran “Karbon Tersimpan” di Berbagai Penggunaan Lahan.
- Karina, M., 2017. Potensi simpanan karbon pada hutan rakyat berbasis agroforestri di desa selaawi kabupaten garut meilani karina. *Silvikultur Trop. - J. Trop. Silv. Sci. Technol.*,
- Kurniatun Hairiah, Andree Ekadinata, R.R.S. dan S.R., 2011. Pengukuran cadangan karbon, Edisi ke 2. ed.
- Lubis, A.R., 2011. Pendugaan cadangan karbon kelapa sawit berdasarkan persamaan alometrik di lahan gambut Kebun Meranti Paham, PT. Perkebunan Nusantara IV, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. *Ilmu Tanah dan Sumberd. Lahan.*

- Maulana, S.I., 2010. Pendugaan Densitas Karbon Tegakan Hutan Alam di Kabupaten Jayapura, Papua. *Penelit. Sos. dan Ekon. Kehutan*. Vol. 7 No. 4 261–274.
- Mokany, K., Raison, R.J., Prokushkin, A.S., 2006. Critical analysis of root: Shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob. Chang. Biol.* 12, 84–96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x>
- Oktavianto, B., Basuki, W., Sri Wilarso, B., 2015. Pendugaan Kandungan Biomassa Dan Karbon Atas Tanah Pada Tegakan Pinus Di Lahan Paska Tambang Silika Holcim Educational Forest. *Dep. Silvikultur Fak. Kehutanan, IPB Bogor*.
- Ratag, semuel P., 2017. Peran Pohon Dalam Upaya Mitigasi Perubahan Iklim. *Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Universitas Sam Ratulangi Fakultas Pertanian*.
- Yuliyanto, 2015. Pendugaan Cadangan Karbon Tersimpan Pada Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Dan Analisis Kesuburan Tanah Di Perkebunan Pt Daria Dharma Pratama Ipuh Bengkulu. *Institut Pertanian Bogor*.