

Aboveground Carbon Stock in Maninjau Nature Reserve Area Silayang-Malabur Rehabilitation Block, Agam District

Cadangan Karbon di atas Permukaan Tanah pada Kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang- Malabur, Kabupaten Agam

Novia Sherina A. Lubis¹, Irma Leilani Eka Putri²

¹ Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

² Department of Environmental Sciences, Faculty of Human and Environment, Sumatra University, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: noviasherina17@gmail.com

Abstract

The Maninjau Nature Reserve is a conservation forest area located in the Agam district and Padang Pariaman district. In this case the Silayang-Malabur block is included in the rehabilitation block where this block has been damaged both naturally and due to human actions such as illegal logging, conversion of forests to fields and so on which has an impact on reducing carbon stocks. Therefore, it is necessary to do research in calculating carbon stocks to determine carbon stocks. This research was carried out in the Maninjau Nature Reserve area, Silayang-Malabur Rehabilitation Block, Agam Regency, which was conducted from December 2022 - January 2023. This type of research was descriptive research by collecting data on the level of trees, poles, saplings, and seedlings. Data collection used purposive random sampling which was divided into 2 research areas, namely natural forest and open/damaged forest. The sample plots used were a single plot of 3 plots randomly distributed in each study area. Biomass estimation using allometric equations. Based on the results of research on carbon stocks stored above ground level in the Maninjau Nature Reserve area of the Silayang-Malabur Rehabilitation Block, Agam Regency of 148,415 ton C/ha in natural forest areas and 34,397 ton C/ha in open/degraded forest area with a total carbon stock of 182,812 ton C/ha.

Key words *biomass, carbon stock, forest, nature reserve*

Abstrak

Cagar Alam Maninjau merupakan kawasan hutan konservasi yang terletak di kabupaten Agam dan kabupaten Padang Pariaman. Dalam hal ini blok Silayang-Malabur termasuk kedalam blok rehabilitasi dimana blok ini telah mengalami kerusakan baik secara alami maupun karena perbuatan manusia seperti illegal logging, konversi hutan menjadi ladang dan sebagainya yang berdampak pada penurunan cadangan karbon. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dalam menghitung cadangan karbon untuk mengetahui simpanan karbon. Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam yang dilakukan dari bulan Desember 2022 - Januari 2023. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan mendata tumbuhan tingkat pohon, tiang, pancang, maupun semai. Pengambilan data menggunakan purposive random sampling yang dibagi menjadi 2 area penelitian yaitu hutan alami dan hutan terbuka/rusak. Petak contoh yang digunakan adalah plot tunggal sebanyak 3 plot yang disebar secara acak pada setiap area penelitian. Pendugaan biomassa menggunakan persamaan alometrik. Berdasarkan hasil penelitian cadangan karbon yang tersimpan di atas permukaan tanah pada kawasan Cagar Alam Maninjau Blok

Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam sebesar 148,415 ton C/ha pada area hutan alami dan 34,397 ton C/ha pada area hutan terbuka dengan total cadangan karbon sebesar 182,812 ton C/ha.

Kata kunci *biomassa, cadangan karbon, cagar alam, hutan*

Pendahuluan

Pemanasan global adalah salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim, keadaan ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan gas rumah kaca. Salah satu gas rumah kaca yang berperan besar dalam peningkatan suhu permukaan bumi adalah karbon dioksida (CO₂) (Sardi, 2021). Terjadinya peningkatan gas rumah kaca (GRK) di atmosfer diakibatkan adanya aktifitas manusia yang tidak ramah terhadap lingkungan, seperti pembakaran hutan dalam skala luas, peningkatan dalam penggunaan kendaraan bermotor yang mengakibatkan karbon monoksida meningkat, asap pabrik dan penggunaan AC berlebihan (Samsu, 2019). Dalam hal ini hutan sangat berperan dalam menurunkan GRK dengan mengubah CO₂ dari udara menjadi simpanan karbon (Madaputri, 2020).

Cadangan karbon dapat tersimpan baik pada permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, sisa tanaman yang mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah (Nindya, 2019). Nilai biomassa menunjukkan banyaknya kandungan karbon yang tersimpan pada suatu tegakan. Komponen biomassa dimiliki setiap tumbuhan yang berada di atas maupun di dalam permukaan tanah, namun sebagian besar jumlah biomassa terdapat di atas permukaan tanah (Sutaryo, 2009).

Dengan menggunakan persamaan alometrik, biomassa suatu tegakan dapat diduga dimana parameternya berupa diameter batang tegakan. Semakin besar diameter batang tegakan maka akan semakin besar biomassa dan karbon yang tersimpan, begitu juga sebaliknya semakin kecil diameter batang tegakan maka semakin kecil juga biomassa dan karbon yang tersimpan (Putri dan Wulandari, 2015). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya jumlah karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa diantaranya jenis tanah, keragaman jenis pohon, produksi serasah, dan juga umur pohon. Selain itu, keragaman dan kerapatan juga mempengaruhi jumlah karbon yang tersimpan (Hairiah & Rahayu, 2007).

Setiap jenis hutan mempunyai kemampuan dalam menyerap dan menyimpan karbon berbeda-beda (Hutasuhut, 2022). Vegetasi hutan yang luas menghasilkan penyerapan karbon yang besar, namun saat ini, hutan sudah mengalami deforestasi dan degradasi yang menyebabkan penyerapan karbon menurun (Tiryana, 2016). Hutan yang telah mengalami deforestasi dan degradasi semakin lama akan kehilangan fungsinya dalam menyerap karbon. Hal ini menyebabkan banyaknya gas CO₂ yang tidak terserap dan terjadi peningkatan CO₂ di udara yang mengakibatkan timbulnya efek rumah kaca (Junaedi, 2008).

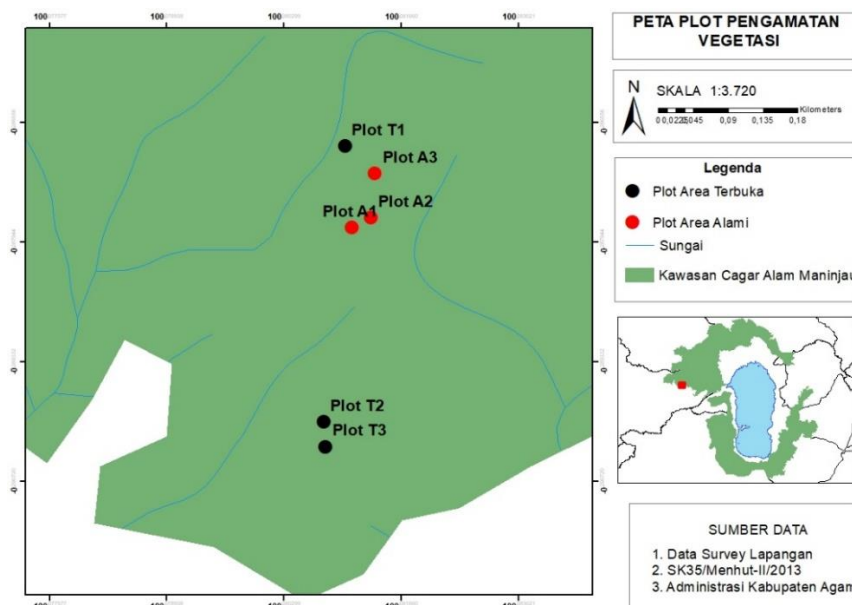
Cagar Alam Maninjau merupakan salah satu kawasan hutan konservasi yang terletak di 7 (tujuh) kecamatan dalam kabupaten Agam dan 4 (empat) kecamatan dalam kabupaten Padang Pariaman dengan jumlah total Nagari/ Desa sebanyak 32 Nagari/ Desa. Cagar alam ini memiliki luas 21.891,78 ha dengan berbagai jenis flora dan fauna dapat dijumpai pada kawasan ini. Berdasarkan pengelolaannya Cagar Alam Maninjau dapat dibedakan menjadi blok perlindungan, blok rehabilitasi dan blok khusus. Adanya penataan blok ini dimulai sejak tahun 2018 yang bertujuan untuk menata ruang pengelolaan kawasan konservasi dengan membaginya kedalam beberapa blok berdasarkan kondisi biofisik kawasan, potensi flora dan fauna, kebijakan pengelolaan serta sosial ekonomi masyarakat. Dalam hal ini blok Silayang-Malabur termasuk kedalam blok rehabilitasi dimana blok ini telah mengalami kerusakan baik secara alami maupun karena perbuatan manusia seperti *illegal logging*, konversi hutan menjadi ladang dan sebagainya yang berdampak pada penurunan cadangan karbon yang tersimpan (BKSDA, 2018). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dalam menghitung cadangan karbon untuk mengetahui kandungan karbon yang tersimpan di Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur.

Berdasarkan informasi dari Kepala KSDA Maninjau, belum ada data mengenai kandungan karbon yang tersimpan pada kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur ini, sehingga

penulis merasa perlu melakukan penelitian untuk mendapatkan informasi dan data mengenai cadangan karbon serta mengetahui kemampuan hutan dalam mereduksi gas rumah kaca.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam yang dilakukan dari bulan Desember 2022 - Januari 2023. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah label, blangko isian, tali rafia, kantong kertas, GPS, alat tulis, sling hygrometer, termometer, termometer tanah, luxmeter, kamera, oven, dan timbangan digital. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan mendata semua tumbuhan baik tingkat pohon, tiang, pancang, maupun semai yang ada pada hutan konservasi Cagar Alam Maninjau. Kemudian dihitung cadangan karbon tersimpan pada tumbuhan hidup yang berada diatas permukaan tanah.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

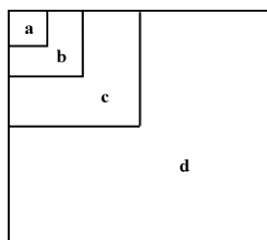
Prosedur Penelitian

1. Tahap Persiapan.

Pada tahap ini dilakukan survey pada lokasi penelitian dan pengurusan izin administrasi penelitian ke BKSDA SUMBAR dan instansi terkait serta mempersiapkan alat dan bahan untuk pengambilan data di lapangan.

2. Metode Pengambilan Data.

Pengambilan data penelitian menggunakan *purposive random sampling* yang dibagi menjadi 2 area penelitian dengan kondisi hutan berbeda yaitu hutan alami dan hutan yang terbuka yang disebabkan *illegal logging*. Petak contoh yang digunakan adalah plot tunggal seperti pada Gambar 4 sebanyak 3 plot yang disebar secara acak pada setiap area penelitian. Adapun ukuran plot yang digunakan yaitu tingkat semai berukuran 2 x 2 m, tingkat pancang berukuran 5 x 5 m, tingkat tiang berukuran 10 x 10 m dan tingkat pohon berukuran 20 x 20 m (Manuri, 2011). Berikut ini merupakan bentuk plot yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 2. Desain petak contoh (Rusolono *et al*, 2016)

Keterangan:

- a. Plot ukuran 2 x 2 m untuk tingkat semai (DBH < 2cm)
- b. Plot ukuran 5 x 5 m untuk tingkat pancang (2cm < DBH < 10cm)
- c. Plot ukuran 10 x 10 m untuk tingkat tiang (10cm < DBH < 20cm)
- d. Plot ukuran 20 x 20 m untuk tingkat pohon (20cm < DBH < 35cm)

3. Teknik Pengambilan Data

Pengukuran Biomassa Pohon, Tiang, dan Pancang

Adapun tahapannya sebagai berikut:

- a) Membuat plot, kemudian mengidentifikasi nama jenis pohon yang terdapat didalam plot. Jika tidak diketahui jenisnya, sampel diambil dan diidentifikasi lebih lanjut di Laboratorium Botani
- b) Mengukur diameter setinggi dada (dbh- *Diameter at Breast Height*)
- c) Mencatat data dbh dan nama jenis ke dalam blangko isian
- d) Menetapkan berat jenis kayu kemudian menghitung biomasnya menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan sebelumnya (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Pengukuran Biomassa Semai

Adapun tahapannya sebagai berikut:

- a) Potong semua tumbuhan bawah dalam plot (pohon berdiameter < 5 cm, herba dan juga rumput-rumputan), kemudian pisahkan antara daun dan batangnya.
- b) Masukkan ke dalam kantong kertas dan beri label
- c) Kemudian timbang berat basahanya dan catat dalam blangko
- d) Ambil sub-contoh tanaman dari masing-masing biomassa daun dan batang 100 gram. Bila biomassa contoh yang didapat sedikit (< 100 g), maka timbang semuanya dan jadikan sebagai sub contoh
- e) Keringkan sub-contoh biomassa tanaman dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam
- f) Timbang berat keringnya dan catat pada blangko isian (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Analisis Data

Pendugaan biomassa pohon hidup dapat diestimasikan menggunakan persamaan Ketterings *et al*, (2001) sebagai berikut:

$$(AGB)_{est} = 0,11 \times \rho \times D^{2,62}$$

Keterangan:

(AGB)_{est} = Biomassa Pohon (Kg) (Above Ground Biomass)

ρ = Berat jenis pohon (g/cm³)

D = Diameter pohon (cm)

Berat jenis (ρ) yaitu sifat fisik kayu berupa perbandingan antara massa kering dan volume segarnya. Penggunaan (ρ) sebagai parameter penting yang digunakan dalam persamaan alometrik dalam memperkirakan biomassa pohon dan stok karbon. Data berat jenis kayu ini merujuk pada data berat jenis *Global Wood Density Database* (Oliveira *et al*, 2019).

Dalam menentukan total berat kering tumbuhan pada tingkat semai dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Hairiah dan Rahayu, 2007):

$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subcontoh (g)}}{\text{BB subcontoh (g)}} \times \text{Total BB (g)}$$

Keterangan:

BK = Berat Kering

BB = Berat Basah

Dalam menghitung cadangan karbon yang tersimpan di Cagar Alam Maninjau dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut (IPCC, 2006):

$$C = B \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan:

C = Cadangan/ simpanan karbon (ton C/ha)

B = Biomassa (kg)

% C organik = Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 (IPCC, 2006)

Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan adanya perbedaan total cadangan karbon pada area hutan alami dan area hutan terbuka/rusak. Adapun nilai cadangan karbon yang dihitung adalah karbon atas permukaan tanah dari tegakan dan juga tumbuhan bawah. Dari Tabel 1. didapatkan nilai kandungan karbon yang tersimpan pada area hutan alami tingkat pohon sebesar 140,698 ton C/ha, pada tingkat tiang sebesar 4,879 ton C/ha, pada tingkat pancang sebesar 1,517 ton C/ha, dan pada tingkat semai sebesar 1,319 ton C/ha. Sehingga total nilai cadangan karbon di atas permukaan tanah pada hutan alami CA Maninjau sebesar 148,415 ton C/ha. Sesuai dengan pernyataan Masripatin *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa cadangan karbon pada berbagai kelas penutupan lahan di hutan alam berkisar antara 7,5-264,70 ton C/ha. Sedangkan pada area hutan terbuka didapatkan kandungan karbon yang tersimpan pada tingkat pohon sebesar 32,284 ton C/ha, pada tingkat tiang sebesar 0,509 ton C/ha, pada tingkat pancang sebesar 0,766 ton C/ha, dan pada tingkat semai sebesar 0,837 ton C/ha. Sehingga total nilai cadangan karbon di atas permukaan tanah pada hutan alami CA Maninjau sebesar 34,397 ton C/ha. Total cadangan karbon pada area hutan terbuka ini menunjukkan total cadangan karbon yang lebih rendah dibandingkan pada area hutan alami. Adapun total cadangan karbon pada kedua area penelitian ini sebesar 182,812 ton C/ha.

Tabel 1. Total Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Kawasan CA Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam.

No	Tingkatan	Cadangan Karbon (kg/ha)	
		Alami	Terbuka/Rusak
1	Pohon	140698,31	32284,39
2	Tiang	4879,42	509,48
3	Pancang	1517,96	766,70
4	Semai	1319,47	837,36
Total		148.415,16	34.397,94
		182.812	

Berdasarkan kriteria cadangan karbon didalam ekosistem hutan menurut Bappenas Kemenhut (2010), total cadangan karbon pada area hutan alami termasuk kategori tinggi sedangkan pada area hutan terbuka dikategorikan rendah. Cadangan karbon dapat dikategorikan rendah jika total cadangan karbon yang tersimpan <35 ton C/ha. Sementara cadangan karbon dapat dikategorikan sedang jika total cadangan karbon yang tersimpan 35-100 ton C/ha, dan cadangan karbon dapat dikategorikan tinggi jika total cadangan karbon yang tersimpan >100 ton C/ha.

Perbedaan total cadangan karbon pada kedua area penelitian ini disebabkan oleh 2 faktor. Faktor pertama yaitu adanya keragaman jenis tanaman yang mendominasi di area hutan alami lebih tinggi dari area hutan terbuka/rusak. Banyaknya karbon yang tersimpan dalam suatu tutupan lahan sangat bergantung pada keragaman jenis tanaman, dan kepadatan vegetasi. Dengan keragaman jenis pepohonan yang berumur panjang pada area hutan alami, merupakan penyimpan cadangan karbon tertinggi dibanding dengan hutan terbuka (Hairiah dan Rahayu, 2007). Hal ini terlihat pada area hutan alami memiliki keragaman jenis dan juga

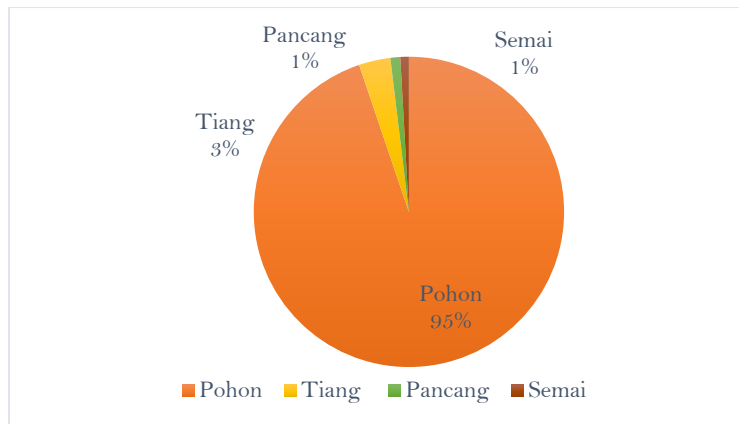
kerapatan tinggi yang mana didapatkan 13 dengan jumlah individu sebanyak 110 pohon di CA Maninjau. Pohon yang paling banyak ditemui pada lokasi penelitian adalah *Dryobalanops aromatica*, kemudian diikuti *Payena acuminata*, *Litsea roxburghii*, dan *Gonystylus maingayi* kemudian diikuti dengan 10 jenis lainnya.

Sedangkan pada area hutan terbuka terdapat 8 jenis dengan jumlah individu sebanyak 50. Dimana 23 individunya, didominasi *Macaranga hypoleuca*. Adanya *Macaranga hypoleuca*/Mahang yang tumbuh dalam kawasan hutan mengindikasikan bahwa kawasan tersebut telah terbuka/rusak. Sesuai dengan pernyataan Romell (2008), bahwa genus *Macaranga* spp. akan tumbuh setelah adanya kegiatan pembukaan hutan (*logging*) dan kebakaran hutan. Hal yang sama dinyatakan oleh Slik (2005), bahwa *Macaranga* spp. dapat tumbuh di tempat terbuka (*open canopy*) dan menjadi tumbuhan pionir. Mirmanto (2009), juga menyatakan bahwa genus ini adalah jenis pionir yang mempunyai daya adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang buruk. Faktor kedua yaitu adanya aktivitas masyarakat seperti *illegal logging* dan juga konversi hutan menjadi ladang pada kawasan hutan khususnya pada area hutan terbuka/rusak. Aktivitas tersebut menyebabkan jumlah vegetasi pada area ini lebih sedikit dibandingkan pada area hutan alami.

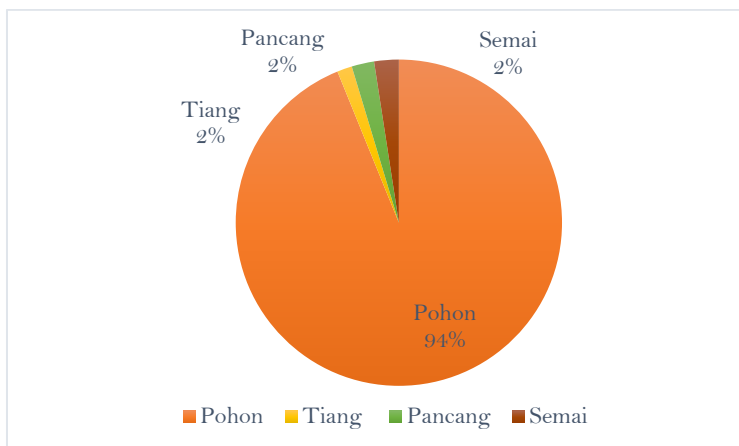
Alih fungsi hutan atau konversi hutan sebagai lahan pertanian maupun pemukiman mengakibatkan kandungan karbon yang tersimpan berkurang. Alih fungsi hutan ini merupakan sumber emisi CO² yang menyumbang sekitar 1,7± 0,6 Pg C per tahun. Lahan yang terbuka tersebut nantinya akan ditumbuhkan oleh tumbuhan bawah yang didominasi oleh rumput, kelakai dan resam sehingga kandungan biomassa dan karbon yang tersimpan sangatlah sedikit (Astuti, 2020). Dari tahun 2010–2018, emisi GRK mengalami kenaikan sekitar 4,3% per tahun (KLHK, 2020). Karbondioksida merupakan GRK utama dibanding CH₃ ataupun N₂O, karena memiliki peningkatan jumlah bahan emisi yang tinggi dan waktu tinggal yang lama di atmosfer (Junaedi, 2007). Vegetasi hutan berperan penting dalam mitigasi karbon dengan menyimpan cadangan karbon pada biomassa di atas permukaan dan juga kantong karbon (Nave *et al.*, 2018). Oleh karena itu, hutan merupakan salah satu ekosistem penyerap karbondioksida yang paling dominan. Namun, dengan meningkatnya alih fungsi hutan dan *illegal logging*, menyebabkan penyerapan karbondioksida menjadi menurun. Untuk meningkatkan kemampuan hutan dalam penyerapan karbon diperlukan kegiatan rehabilitasi. Dengan adanya kegiatan rehabilitasi ini secara berkala akan meningkatkan kemampuan hutan dalam menyerap karbon (Astuti, 2020).

Karbon tersimpan pada tumbuhan yang diperoleh dari hasil fotosintesis. Hampir setengah dari organisme hidup merupakan karbon, sehingga secara alami karbon banyak tersimpan baik di darat maupun di laut dibanding jumlah karbon di atmosfer. Besarnya kandungan karbon pada makhluk hidup, dapat diketahui dari biomasnya. Semakin tinggi nilai biomassa maka semakin tinggi juga nilai karbon yang tersimpan. Berdasarkan Gambar 3 dan 4, terlihat perbedaan cadangan karbon pada tingkat pohon yaitu pada area hutan alami 95% sedangkan pada area hutan terbuka 94%. Dapat disimpulkan cadangan karbon pada area hutan alami lebih tinggi dibanding area hutan terbuka. Hal ini disebabkan area hutan alami memiliki lebih banyak jumlah pohon dan juga diameter yang lebih besar dibanding pada area terbuka. Begitu juga dengan tingkat tiang, dimana pada cadangan karbon pada area hutan alami lebih tinggi dibanding area hutan terbuka.

Sementara pada tingkat pancang dan semai, cadangan karbon pada area hutan terbuka lebih tinggi dibanding area hutan alami. Hal ini disebabkan pada area terbuka cahaya matahari banyak masuk dimana berpengaruh makin banyaknya tumbuhan bawah pada lantai hutan. Sedangkan pada area hutan alami cahaya matahari lebih sedikit masuk karena terhalang tajuk pohon, sehingga tingkat pancang dan semainya tumbuh lebih sedikit. Sesuai yang dinyatakan Nurshanti (2011) bahwa cahaya berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan tanaman



Gambar 3. Diagram Total Cadangan Karbon pada Area Hutan Alami berdasarkan Tingkat Strata



Gambar 4. Diagram Total Cadangan Karbon pada Area Hutan Terbuka berdasarkan Tingkat Strata

Jika dibandingkan dengan penelitian cadangan karbon di tempat lain, nilai cadangan karbon pada kawasan CA Maninjau ini lebih tinggi daripada penelitian yang telah dilakukan oleh Pratama (2015) di kawasan hutan Cagar Alam Lembah Harau, didapatkan bahwa total nilai cadangan karbon sebesar 62,57 ton C/ha. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Idris (2022), melaporkan bahwa didapatkan nilai cadangan karbon di kawasan Cagar Alam Bukit Bungkok sebesar 191, 04 ton C/ha, dimana dapat disimpulkan bahwa nilai cadangan karbon di kawasan CA Maninjau lebih rendah. Marwah (2016), melaporkan bahwa nilai cadangan karbon pada kawasan Suaka Margasatwa Tanjung Peropa sebesar 327, 64 ton C/ha. Adanya perbedaan nilai cadangan karbon ini disebabkan pada kawasan tersebut ditemukan jumlah pohon/ha yang lebih banyak dengan diameter yang lebih besar, sehingga nilai cadangan karbon yang diperoleh pada kawasan tersebut lebih tinggi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Cadangan karbon yang tersimpan di atas permukaan tanah pada kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam sebesar 148,415 ton C/ha pada area hutan alami dan 34,397 ton C/ha pada area hutan terbuka dengan total cadangan karbon sebesar 182,812 ton C/ha.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karbon yang tersimpan di bawah permukaan tanah dan nekromas untuk mengetahui total kandungan karbon yang tersimpan di kawasan Cagar Alam Maninjau Blok Rehabilitasi Silayang-Malabur, Kabupaten Agam. Selain itu, perlu dilakukan kegiatan rehabilitasi atau penanaman terutama pada area hutan terbuka agar meningkatkan kemampuan hutan tersebut dalam menyerap dan menyimpan cadangan karbon.

Daftar Pustaka

- Ahmad, Y. 2013. Studi kandungan karbon pada hutan alam sekunder di Hutan Pendidikan Mandiangin Fakultas Kehutanan Unlam. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 1(1), 85-91.
- Astuti, R., Wasis, B., & Hilwan, I. 2020. Potensi Cadangan Karbon Pada Lahan Rehabilitasi Di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 25(2), 140-148.
- Balai Konservasi Sumber Daya Alam. 2018. *Blok Pengelolaan Cagar Alam Maninjau Kabupaten Agam dan Kabupaten Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat*. Padang: BKSDA SUMBAR.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2010. Strategi nasional REDD+. Beppenas-Kemehut-UN-REDD Programme Indonesia. Jakarta
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Hutasuhut, M. A., & Amrul, H. M. Z. 2022. Kandungan Karbon Tersimpan Di Hutan Primer Dan Sekunder. *Eksakta: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 7(1), 133-139.
- Idris, A. L., Ratnaningsih, A. T., & Azwin, A. 2022. Potensi Karbon di Desa Merangin, Cagar Alam Bukit Bungkok Kabupaten Kampar. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 2(2), 157-163.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Jepang: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Junaedi, A. 2007. Dampak pemanenan kayu dan perlakuan silvikultur tebang pilih tanam jalur (TPTJ) terhadap potensi kandungan karbon dalam vegetasi hutan alam tropika (Studi kasus di areal IUPHHK PT Sari bumi kusuma, Kalimantan tengah) [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan sebagai Rosot Karbondioksida. *Info Hutan*. Vol. V, No. 1.
- Kettering, Q. M., R. Coe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau. C. A. Palm. 2001. Reducing Uncertainty In The Use Of Allometric Biomass Equations For Pre Dicting Above-Ground Tree Biomass In Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management*. Elsevier.
- KLHK, 2020. Laporan Kinerja 2019 Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan, Jakarta.
- Madapuri, G. N. 2020. Keanekaragaman pohon dan potensinya sebagai cadangan karbon di Hutan Kota Malang (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Manuri, S., C.A.S. Putra dan A.D. Saputra. 2011. *Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan*. Palembang: Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation - GIZ.
- Marwah, S. 2016. Potensi Cadangan Karbon Pada Hutan Suaka Margasatwa Tanjung Peropa Dalam Implementasi INDC dan Inisiatif Mitigasi Lokal. *Jurnal Ecogreen*, 2(2), 115-122.
- Masripatin N., K. Ginoga, A. Wibowo, W.S. Dharmawan, C.A. Siregar, M. Lugina, Indartik, W. Wulandari, N. Sakuntaladewi, R. Maryani, G. Pari, D. Apriyanto, B. Subekti, D. Puspasari, A.S. Utomo. 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Bogor: Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Kampus Balitbang Kehutanan.
- Mirmanto, E. 2009. Permudaan Alami Dalam Hutan Bekas Tebangan di Sekundur, Sumatera Utara. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 10 No. 3 Hal. 311-317 Jakarta, September 2009.
- Nave LE, Domke GM, Hofmeister KL, Mishra U, Perry CH, Walters BF, Swanston CW, 2018. Reforestation can sequester two petagrams of carbon in US topsoils in a century. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115(11):2776-2781.
- Nindya, P. P. 2019. Potensi Cadangan Karbon Pada Permukaan Tanah Di Areal Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) Di Nagari Kotobaru, Kabupaten Solok Selatan (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Oliveira L.Z, Heitor F.U, Aline R.L, Jackson R.E dan Alexander C.V. 2019. Towards the Fulfillment of a Knowledge Gap: Wood Densities for Species of the Subtropical Atlantic Forest. *Data*, 4, 104
- Pratama, M. I., Delvian, D., & Hartini, K. S. 2016. Struktur Vegetasi Dan Cadangan Karbon Tegakan Di Kawasan Hutan Cagar Alam Lembah Harau Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(1), 19-27.
- Pratama, R., Sribudiani, E., & Sulaeman, R. 2016. Pendugaan kandungan karbon di atas permukaan tanah pada kawasan Arboretum Universitas Riau. *Jurnal Faperta* Vol.3 No.1
- Putri AHM, Wulandari C. 2015. Potensi Penyerapan Karbon Pada Tegakan Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) Di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Sylva Lestari*. 3(2):1320.

- Romell, E, G. Hallsby, A. Karlsson. 2009. Forest Floor Light Conditions in a Secondary Tropical Rain Forest After Artificial Gap Creation in Northern Borneo. *Journal of Agriculture and Forest Meteorology* 149: 929-937.
- Rusolono T, Tiryana T, Purwanto J. 2015. *Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Hayati di Sumatera Selatan*. Palembang: Biodiversity and Climate Change Project, German International Cooperation-GIZ dan KLHK Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Selatan.
- Sardi, W. D., Kainde, R. P., & Nurmawan, W. 2021. Cadangan Karbon Pada Pohon Di Taman Hutan Raya Gunung Tumpa Hv Worang. In *Cocos* (Vol. 8, No. 8).
- Slik, J.W.F. 2005. Assessing Tropical Lowland Forest Disturbance Using Plant Morphological and Ecological Attributes. *Journal of Forest Ecology and Management* 205 (2005) 241-250.
- Sutaryo, D. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah: Pengantar Untuk Studi Karbon Dan Perdagangan Karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Tiryana, T., Rusolono, T., Siahaan, H., Kunarso, A., Sumantri, H., & Haasler, B. 2016. *Cadangan Karbon Hutan dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan*. Palembang: German International Cooperation (GIZ).