

EFEKTIVITAS REHABILITASI DAS BERBASIS AGROFORESTRI DALAM MENDUKUNG PENURUNAN KARBON DIOKSIDA PADA AREA KELOLA KTH HIJAU MAKMUR DI LOMBOK BARAT

EFFECTIVENESS OF AGROFORESTRY-BASED WATERSHED REHABILITATION IN SUPPORTING CARBON DIOXIDE REDUCTION IN THE MANAGEMENT AREA OF KTH HIJAU MAKMUR, WEST LOMBOK

Agus Mulyadi Ashari ^{*1}, Lolita Endang Susilawati¹, dan Markum¹

¹ Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,
Pasca Sarjana, Universitas Mataram.
Jl. Pendidikan No.37 Mataram, Nusa Tenggara Barat-83125

[*e-mail: agus.m.ashari@gmail.com](mailto:agus.m.ashari@gmail.com)

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) contributes significantly to global warming, leading to climate change that impacts human life. To mitigate emissions, Indonesia has committed to reducing greenhouse gas (GHG) emissions by 29% independently and 41% with international support by 2030, as outlined in its Nationally Determined Contribution (NDC). One of the strategies implemented is the Indonesia's Forestry and Other Land Uses (FoLU) Net Sink 2030 program, prioritizing the forestry and land-use sectors. This study evaluates the effectiveness of agroforestry-based watershed rehabilitation activities in the area managed by Forest Famers Group (KTH) Hijau Makmur, Gelangsar Village, West Lombok Regency. The results show a high plant density level (>400–600 plants/ha), dominated by high-economic-value multipurpose tree species (MPTS) such as durian, mangosteen, avocado, and stink bean. The observed plants are categorized as seedlings and saplings (1–3 years old, height >1.5 meters, trunk diameter <10 cm). As the plants mature, their stem volume and canopy area are expected to enhance carbon sequestration through stems, roots, litter, and necromass. These findings indicate that agroforestry practices not only provide economic benefits but also support climate change mitigation by increasing carbon storage potential.

Keywords: Climate change; watershed rehabilitation; agroforestry; carbon dioxide; carbon sequestration.

ABSTRAK

Karbon dioksida (CO₂) memiliki kontribusi signifikan terhadap pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim, berdampak pada kehidupan manusia. Untuk mengurangi emisi, Indonesia berkomitmen menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% secara mandiri dan 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030 melalui dokumen NDC (*Nationally*

Determined Contribution). Salah satu strategi yang dilakukan adalah program Indonesia's Forestry and Other Land Uses (FoLU) Net Sink 2030, yang memprioritaskan sektor kehutanan dan penggunaan lahan. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas kegiatan Rehabilitasi DAS berbasis agroforestri di area Kelompok Tani Hutan (KTH) Hijau Makmur, Desa Gelangsar, Kabupaten Lombok Barat. Hasil menunjukkan tingkat kerapatan tanaman kategori tinggi (>400–600 tanaman/ha), dengan jenis tanaman MPTS seperti durian, manggis, alpukat, dan petai yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Tanaman yang diteliti termasuk kategori semai dan pancang (umur 1–3 tahun, tinggi >1,5 meter, diameter batang <10 cm). Dengan peningkatan umur, volume batang dan luas tajuk tanaman berpotensi meningkatkan serapan karbon melalui batang, akar, seresah, dan necromass. Temuan ini menunjukkan bahwa praktik agroforestri tidak hanya memberikan manfaat ekonomi tetapi juga mendukung mitigasi perubahan iklim melalui peningkatan potensi penyimpanan karbon.

Kata Kunci: Perubahan iklim; rehabilitasi DAS; agroforestri; karbon dioksida; penyerapan karbon.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan pola suhu dan cuaca dalam jangka waktu panjang akibat peningkatan suhu rata-rata global, yang dikenal sebagai pemanasan global. Salah satu gas utama penyebab pemanasan global adalah karbon dioksida (CO₂), yang secara alami terdapat di atmosfer namun juga dihasilkan dari aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan pembakaran hutan.

Data dari Scripps Institution of Oceanography menunjukkan bahwa konsentrasi CO₂ atmosfer global telah meningkat dari 280 ppm pada masa pra-industri menjadi 421,69 ppm pada tahun 2023. Peningkatan ini berkontribusi pada kenaikan suhu global rata-rata sebesar 0,14°F (0,08°C) per dekade sejak 1880, dengan laju yang lebih cepat setelah 1981 (NOAA, 2022). Akibatnya, berbagai dampak serius terjadi, seperti pencairan es kutub, naiknya permukaan laut, perubahan pola musim, dan bencana alam yang lebih ekstrem, termasuk di Indonesia.

Sebagai negara kepulauan dan agraris, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Naiknya permukaan laut mengancam ekosistem pesisir dan masyarakat pesisir, sementara perubahan pola musim dan bencana kekeringan memengaruhi produktivitas pertanian. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi besar dalam mitigasi perubahan iklim karena merupakan pemilik hutan tropis terbesar kedua di dunia, yang berfungsi sebagai penyerap karbon melalui proses fotosintesis.

Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen dalam mitigasi perubahan iklim melalui dokumen Nationally Determined Contribution (NDC), yang menetapkan target pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% dengan usaha mandiri dan 41% dengan dukungan internasional pada 2030. Salah satu program prioritas yang mendukung pencapaian target ini adalah Indonesia's Forestry and Other Land Uses (FoLU) Net Sink 2030, yang berfokus pada keseimbangan serapan dan emisi karbon di sektor kehutanan dan lahan. Program ini mencakup rehabilitasi lahan melalui sistem agroforestri, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 23 Tahun 2021.

Namun, pelaksanaan berbagai program rehabilitasi lahan seringkali tidak disertai data populasi tanaman yang memadai untuk estimasi potensi serapan karbon. Salah satu contoh kegiatan rehabilitasi lahan berbasis agroforestri adalah di area Kelompok Tani Hutan (KTH) Hijau Makmur, Desa Gelangsar, Kabupaten Lombok Barat. Untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim, penelitian ini bertujuan untuk: 1.) menganalisis efektivitas penggunaan lahan berdasarkan

kerapatan tanaman pada kegiatan rehabilitasi DAS tahun 2020, dan 2.) mengestimasi potensi serapan karbon tanaman pada area kelola KTH Hijau Makmur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi strategis bagi pemerintah daerah dalam mendukung tercapainya target FoLU Net Sink 2030 di Provinsi NTB.

METODE

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area Rehabilitasi DAS yang dikelola oleh Kelompok Tani Hutan (KTH) Hijau Makmur, Desa Gelangsar, Kabupaten Lombok Barat, selama satu pekan pada bulan Juli 2023. Lokasi penelitian mencakup area seluas 17,47 ha. Bahan penelitian adalah tegakan tanaman durian, manggis, alpukat, dan petai dengan kisaran umur 1-3 tahun hasil program Rehabilitasi DAS. Alat yang digunakan meliputi GPS, *tally sheet*, patok, meteran, tali rafia, buku lapangan, dan alat tulis.

Desain Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pengukuran lapangan (*field measurement*) dan studi pustaka dari referensi yang relevan. Penentuan sampel dilakukan dengan *purposive sampling*, menghasilkan delapan Petak Ukur (PU) dengan intensitas sampling (IS) 5%. Setiap PU memiliki luas 0,1 ha (25 m × 40 m), dan jarak antar PU adalah 100 m × 200 m.

Perhitungan luas seluruh petak ukur:

$$\begin{aligned}\text{Luas seluruh petak ukur} &= \text{IS} \times \text{Luas Lokasi} \\ &= 5\% \times 17,47 \text{ ha} \\ &= 0,05 \times 174.700 \text{ m}^2 \\ &= 8.735 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Jumlah petak ukur:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Petak Ukur} &= \frac{\text{Luas Seluruh Petak Ukur}}{\text{Luas Satu Petak Ukur}} \\ &= \frac{8.735 \text{ m}^2}{1.000 \text{ m}^2} \\ &= 8,7 \text{ dibulatkan menjadi } 8 \text{ unit}\end{aligned}$$

Prosedur Pengumpulan Data

Pembuatan PU dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS (Gambar 1). Pengukuran jumlah dan jenis tanaman dalam tiap PU dilakukan melalui observasi lapangan menggunakan metode geotagging dengan GPS. Data jumlah dan jenis tanaman kemudian dianalisis untuk menentukan kerapatan tanaman berdasarkan rumus Cox (1971):

$$\text{Kerapatan absolut} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas seluruh petak ukur}}$$

Untuk menilai efektivitas lahan, digunakan model skoring berdasarkan kerapatan tanaman yang terbagi menjadi lima kategori seperti pada Tabel 1.

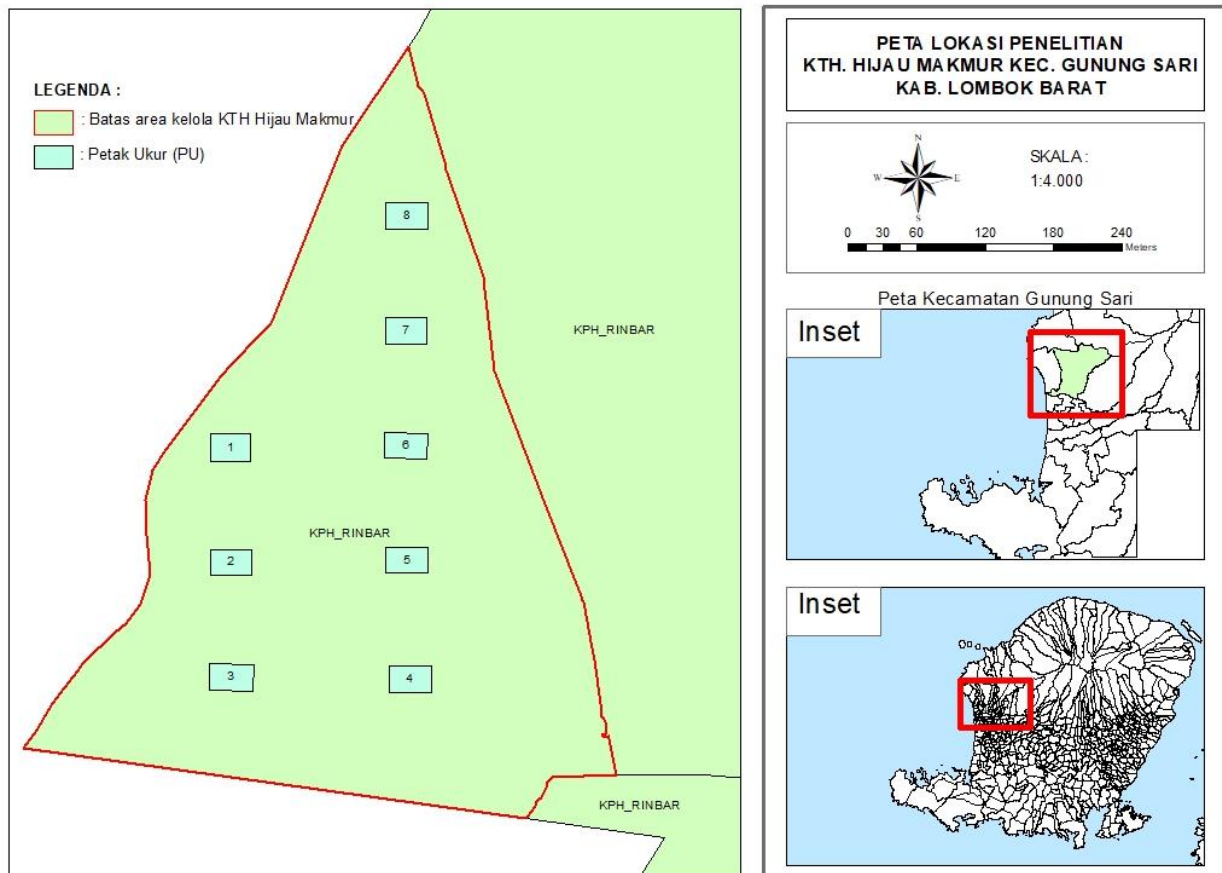
Tabel 1. Komponen Penilaian Skor Untuk Kerapatan Tanaman

Table 1. Scoring Components for Plant Density

No.	Komponen	Katagori	Kerapatan (tanaman/ha)	Nilai Skor
1.	Kerapatan tanaman	Sangat Tinggi	>600	100
		Tinggi	>400-600	80
		Sedang	>200-400	60
		Rendah	>100-200	40
		Sangat Rendah	<100	20

Estimasi Penyerapan Karbon

Estimasi potensi penyerapan karbon dilakukan dengan mengkomparasi jumlah tanaman hasil sensus dengan literatur relevan tentang potensi karbon setiap jenis tanaman. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan fokus pada kerapatan tegakan dan kontribusi terhadap target FoLU Net Sink 2030.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Figure 1. Map of Research Locations

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon dioksida (CO₂), atau yang lebih dikenal sebagai gas rumah kaca, merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen dan satu atom karbon yang terikat secara kovalen.

Secara alami, CO₂ dihasilkan melalui aktivitas gunung berapi serta proses respirasi pada manusia, hewan, dan mikroorganisme lainnya. CO₂ memiliki peran penting dalam menjaga suhu bumi agar tetap hangat karena mampu menyerap gelombang inframerah yang dipancarkan oleh matahari (Lindungihutan.com, 2023). Konsentrasi CO₂ yang tinggi di lapisan atmosfer, akibat tidak terserapnya CO₂ oleh hutan, tumbuhan, atau ekosistem lainnya seperti padang lamun dan rumput laut, menyebabkan peningkatan gas rumah kaca (GRK). Penebalan GRK di lapisan atmosfer mengakibatkan radiasi panas matahari yang masuk ke bumi tidak dapat dipantulkan kembali ke luar atmosfer, sehingga panas terperangkap di dalam lapisan udara. Hal ini menyebabkan suhu bumi terus meningkat (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2022).

Menurut laporan khusus IPCC 2018, yang terkandung dalam Keputusan Konferensi Para Pihak ke-21 Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim untuk mengadopsi Perjanjian Paris, suhu global telah meningkat sebesar 1,5°C di atas tingkat pra-industri. Oleh karena itu, perlu memperkuat respon global terhadap ancaman pemanasan global (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018).

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, dibutuhkan pendekatan lintas sektoral di tingkat nasional, regional, dan lokal. Dalam menghadapi perubahan iklim, penting untuk meningkatkan ketahanan sistem masyarakat dalam mengurangi risiko dampak perubahan iklim. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan strategi adaptasi dan mitigasi. Strategi adaptasi berfokus pada penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif perubahan iklim. Meskipun demikian, upaya adaptasi dapat menjadi kurang efektif apabila laju perubahan iklim melebihi kemampuan sistem untuk beradaptasi. Oleh karena itu, strategi adaptasi harus diimbangi dengan strategi mitigasi, yaitu upaya mengurangi sumber emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kapasitas penyerap gas rumah kaca, agar proses pembangunan tidak terhambat dan tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai (Purwanto *et al.*, 2012).

Kerapatan Tanaman

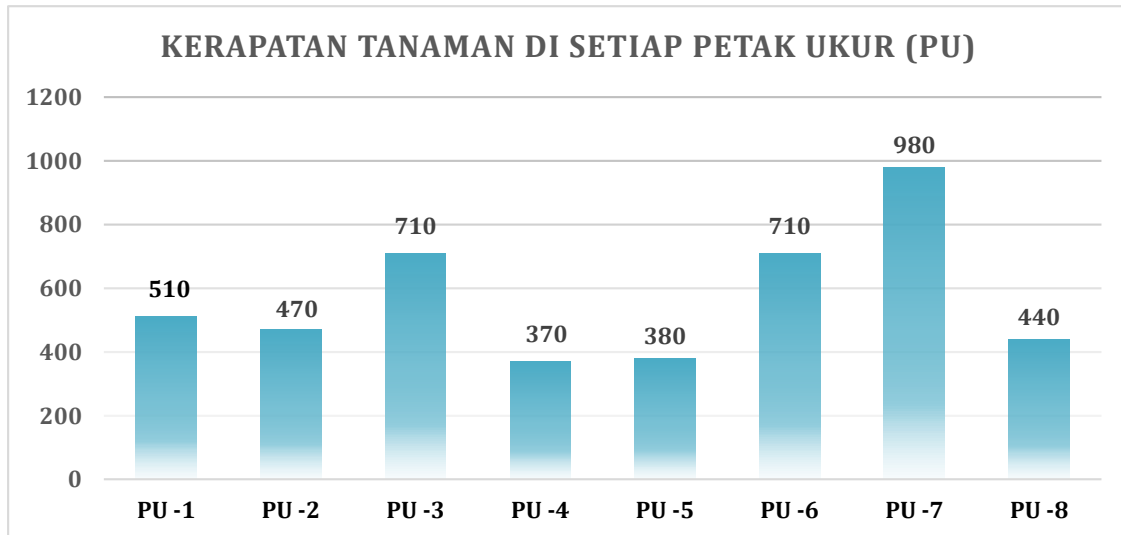
Salah satu upaya untuk menekan konsentrasi CO₂ di udara adalah dengan memperbanyak tanaman yang dapat menyerap CO₂ melalui mekanisme fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Oleh karena itu, besarnya biomassa tegakan dapat dijadikan dasar dalam menentukan jumlah cadangan karbon pada tegakan tanaman. Hasil pengukuran kerapatan tanaman di setiap petak ukur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kerapatan Tanaman berdasarkan Petak Ukur (PU) per Hektar

Table 2. Plant Density Based on Sample Plot (SP) per Hectare

No PU	Jumlah Tanaman Berdasarkan Jenis (Btg)				Jumlah (Batang)	Kerapatan per ha
	Durian	Manggis	Alpukat	Petai		
Petak Ukur-1	17	13	19	2	51	510
Petak Ukur-2	4	6	27	10	47	470
Petak Ukur-3	5	3	49	14	71	710
Petak Ukur-4	6	3	28	0	37	370
Petak Ukur-5	15	8	8	7	38	380
Petak Ukur-6	22	6	37	6	71	710
Petak Ukur-7	31	26	22	19	98	980
Petak Ukur-8	4	3	28	9	44	440
Total	104	68	218	67	457	

Berdasarkan Tabel 2, kerapatan tanaman pada masing-masing petak ukur berkisar antara 370 batang per hektar hingga 980 batang per hektar. Petak Ukur-7 memiliki jumlah tanaman tegakan terbanyak, dengan kerapatan 980 batang per hektar. Dengan jumlah tanaman sebanyak 980 batang per hektar, dapat diasumsikan jarak antar tanaman berkisar sekitar 3,2 meter x 3,2 meter.



Gambar 2. Grafik Kerapatan Tanaman di Setiap Petak Ukur (PU)
 Figure 2. Graph of Plant Density in Each Sample Plot (SP)

Tabel 3. Hasil Penilaian Efektivitas Lahan Berdasarkan Kerapatan Tanaman di Masing-Masing Petak Ukur (PU)

Table 3. Assessment Results of Land Effectiveness Based on Plant Density in Each Sample Plot (SP)

No PU	Kerapatan Tanaman (Btg)	Kategori	Nilai Skor
Petak Ukur-1	510	Tinggi	80
Petak Ukur-2	470	Tinggi	80
Petak Ukur-3	710	Sangat Tinggi	100
Petak Ukur-4	370	Sedang	60
Petak Ukur-5	380	Sangat Tinggi	100
Petak Ukur-6	710	Sangat Tinggi	100
Petak Ukur-7	980	Sangat Tinggi	80
Petak Ukur-8	440	Tinggi	80
Rata-rata	571	Tinggi	80

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata tingkat efektivitas lahan di lokasi ini adalah 571 batang per hektar dan terkategori Tinggi dengan Nilai Skor 80. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas pemanfaatan lahan di area KTH Hijau Makmur termasuk tinggi, dengan rata-rata kerapatan tanaman sebanyak 571 batang per hektar. Tingginya kerapatan tanaman di masing-masing lokasi dipengaruhi oleh ketertarikan petani dalam menanam dan memelihara tanaman. Jenis tanaman yang ditanam merupakan tanaman MPTS (*Multipurpose Tree Species*) yang memiliki banyak fungsi, seperti menghasilkan buah dan memberikan manfaat konservasi. Potensi nilai ekonomi yang tinggi dari

berbagai tanaman MPTS ini menjadi daya tarik bagi petani untuk menanam dan memelihara tanaman.

Selain itu, tingginya kerapatan tanaman juga didukung oleh kondisi iklim lokal. Lokasi kegiatan ini terletak di kawasan Hutan Gunung Sari yang cenderung memiliki iklim sejuk. Masih adanya tanaman pokok di kawasan ini juga memberikan kesempatan hidup yang lebih baik bagi tanaman saat musim kemarau. Pemilihan bibit yang berkualitas, teknik distribusi bibit yang benar, serta teknik penanaman dan pengendalian hama dan penyakit yang tepat juga mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman. Bibit yang berkualitas dengan spesifikasi batang tegak, sehat, dan media semai yang solid cenderung memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik.

Tabel 4. Kerapatan Tanaman Berdasarkan Jenis Tanaman per Hektar

Table 4. Plant Density by Species per Hectare

No.	Jenis Tanaman	Nama Ilmiah	Kerapatan per ha
1	Durian	<i>Durio acuminatissimus</i> Merr	130
2	Manggis	<i>Garcinia mangostana</i> L	85
3	Alpukat	<i>Persea americana</i>	273
4	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	84
Total			571

Berdasarkan Tabel 4, kerapatan tanaman berdasarkan jenis tanaman berkisar antara 65 batang per hektar hingga 234 batang per hektar. Jenis tanaman yang paling banyak ditemukan adalah alpukat, dengan kerapatan 234 batang per hektarnya, sedangkan jenis tanaman yang paling sedikit ditemukan adalah manggis. Kerapatan tinggi pada tanaman alpukat dipengaruhi oleh skema kegiatan program rehabilitasi DAS yang dilaksanakan, termasuk tahap penyulaman pada lokasi-lokasi yang terbuka atau mati pada tahun pertama (P0).

Potensi Serapan Karbon Tanaman

Rehabilitasi lahan merupakan salah satu strategi adaptasi yang efektif untuk mengurangi efek rumah kaca. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah pola agroforestri. Pola ini memberikan kontribusi signifikan terhadap penyerapan karbon, dengan variasi cadangan karbon yang tergantung pada jenis vegetasi yang ditanam. Sebagai contoh, penelitian Markum *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pola agroforestri campuran di hutan Sesaot, Lombok, memiliki kinerja tertinggi dalam hal cadangan karbon dan ekonomi karena lebih selaras dengan prinsip pengelolaan hutan lestari.

Penyerapan karbon pada sistem agroforestri relatif tinggi karena beragamnya vegetasi penyusun, kerapatan yang lebih besar, dan tajuk berlapis-lapis (Marwah, 2008). Vegetasi yang lebih lebat cenderung memiliki potensi energi tersimpan yang lebih tinggi pada suatu lahan. Tinggi rendahnya biomassa dan karbon sangat dipengaruhi oleh kemampuan vegetasi menyerap CO₂ melalui proses fotosintesis. Diameter batang, menurut Yuniawati *et al.* (2011), menjadi indikator penting dalam estimasi akumulasi karbon pada biomassa tanaman. Tanaman MPTS (*Multipurpose Tree Species*) yang ditanam di area KTH Hijau Makmur memiliki potensi serapan karbon yang tinggi. Misalnya, berdasarkan penelitian Nurheni *et al.* (2012), biomassa tanaman durian mencapai 91,44 ton/ha dengan potensi karbon sebesar 42,06 ton/ha, alpukat 49,06 ton/ha dengan potensi karbon sebesar 22,57 ton/ha, dan petai 21,96 ton/ha dengan potensi karbon 10,10 ton/ha.

Saat ini, usia tanaman di lokasi penelitian berkisar antara 1–3 tahun dengan tingkat pertumbuhan mulai dari kategori semai (diameter < 2 cm) hingga pancang (diameter < 10 cm). Kerapatan tanaman yang tinggi di lokasi ini diperkirakan akan berkontribusi besar terhadap penyerapan karbon dalam jangka panjang. Namun, kerapatan yang tinggi juga dapat memicu persaingan nutrisi dan cahaya antar tanaman, yang pada akhirnya dapat mengurangi jumlah vegetasi secara alami. Penelitian Uthbah *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pada tegakan damar, kelompok umur yang lebih tua memiliki jumlah pohon lebih sedikit dibandingkan kelompok umur yang lebih muda karena faktor persaingan tersebut. Untuk tanaman manggis (*Garcinia mangostana* L.), hingga saat ini belum ditemukan literatur yang memadai terkait potensi penyerapan karbonnya. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji potensi karbon tanaman ini secara mendalam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Efektivitas pemanfaatan lahan berdasarkan kerapatan tanaman pada area kelola KTH Hijau Makmur memiliki nilai rata-rata 571 tanaman per hektar dengan skor 80, sehingga tergolong kategori Tinggi (kerapatan >400–600 tanaman/ha). Kerapatan tanaman tertinggi ditemukan pada petak ukur (PU)-7 sebesar 980 tanaman per hektar dengan skor 100, sehingga tergolong kategori Sangat Tinggi (kerapatan >600 tanaman/ha). Tingginya kerapatan tanaman didukung oleh minat petani dalam menanam dan memelihara tanaman MPTS, yang secara ekonomi berpotensi meningkatkan perekonomian masyarakat sekaligus mempertahankan nilai konservasi lingkungan. Jenis tanaman dengan kerapatan tertinggi adalah alpukat, yaitu 273 tanaman per hektar, yang didukung oleh rencana teknis program Rehabilitasi DAS yang memprioritaskan penanaman alpukat dibanding jenis lainnya.

Praktik agroforestri yang mengkombinasikan tanaman kayu dan tanaman MPTS dapat meningkatkan potensi penyerapan karbon. Sistem agroforestri memiliki keunggulan dalam menyerap karbon karena beragamnya vegetasi penyusun, tingginya kerapatan, dan lapisan tajuk yang kompleks. Vegetasi yang lebat dapat menyerap gas rumah kaca (GRK) lebih efektif, sehingga berkontribusi dalam mitigasi dampak perubahan iklim.

Saran

Program Rehabilitasi DAS melalui sistem agroforestri perlu dioptimalkan dengan fokus pada jenis tanaman MPTS yang bernilai ekonomi tinggi dan memiliki potensi penyerapan karbon yang besar. Langkah ini dapat meningkatkan motivasi masyarakat untuk menanam dan merawat tanaman tersebut secara optimal, sekaligus mendukung tercapainya target pemerintah dalam menurunkan emisi di sektor kehutanan dan penggunaan lahan. Selain itu, diperlukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam mengenai potensi penyerapan karbon di area Rehabilitasi DAS di Gunung Sari, Lombok Barat, untuk memperkuat basis ilmiah dalam perencanaan program rehabilitasi.

DAFTAR PUSTAKA

Cox, G.W. 1971. Laboratory Manual of General Ecology. Brown G. Publishing. Dubuque, IA.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Laporan khusus: Pemanasan global sebesar 1,5 °C: Ringkasan untuk pengambil kebijakan. Intergovernmental Panel on Climate Change. Diakses pada 14 Des 2023. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2022. Rencana Operasional Indonesia's FOLU Net Sink 2030. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Lindungihutan. 2023. Karbon Dioksida: Sumber, Peran, dan Dampaknya pada Lingkungan. Lindungihutan. Diakses pada 14 Des 2023. Dari <https://www.lindungihutan.com>.
- Markum, Ichsan, A.C., Saputra, M., Lestari, A.T., & Anugrah, G. 2021. The Patterns of Agroforestry: The Implementation And Its Impact on Local Community Income And Carbon Stock In Sesat Forest, Lombok, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 917(1): 1-12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/917/1/012043>
- Marwah, S. 2008. Optimalisasi Pengelolaan Sistem Agroforestri Untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di DAS Konaweha Sulawesi Tenggara [Disertasi, *unpublished*]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2022). Global Climate Change: Vital Signs Of The Planet. Diakses pada 14 Des 2023. Dari <https://www.noaa.gov/climate>.
- Nurheni, W., & Agung, P. 2021. Struktur Vegetasi, Komposisi, Dan Serapan Karbon Pekarangan Di Desa Duyung, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 12(3): 144-150.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 23 Tahun 2021. (2021). Tentang penyelenggaraan rehabilitasi dan restorasi ekosistem melalui sistem agroforestri. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 123. Pemerintah Republik Indonesia.
- Purwanto, Y., Walujo, E.B., Suryanto, J., Munawaroh, E., & Ajiningrum, P.S. 2012. Strategi Mitigasi dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim: Studi Kasus Komunitas Napu di Cagar Biosfer Lore Lindu. *Jurnal Masyarakat & Budaya*. 14(3): 541-570.
- Scripps Institution of Oceanography. 2023. Carbon Dioxide Concentration at Mauna Loa Observatory. Diakses pada 14 Des 2023. Dari <https://keelingcurve.ucsd.edu/>.
- Yuniawati, Budiaman, & Elias. 2011. Estimasi Potensi Biomassa dan Massa Karbon Hutan Tanaman Acacia crassicarpa di Lahan Gambut (Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat di Pelalawan, Propinsi Riau). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 29(4): 343-355.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., & Yani, E. 2017. Analisis Biomasa Dan Cadangan Karbon Pada Berbagai Umur Tegakan Damar (*Agathis dammara* (Lamb.) Rich.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*. 4(2): 119-124.