

Valuasi Ekonomi Jasa Penyerapan Karbon (Carbon Sequestration) oleh Ekosistem Sawah di Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Sidoarjo

Economic Valuation of Carbon Sequestration Services by Paddy Field Ecosystem in Kramat Temenggung Village, Tarik District, Sidoarjo

Fariz Azta¹, Markus Patiung², Savitri Winawati Hidayat³

^{1,2,3}Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Email korespondensi: farizazta@gmail.com

ABSTRACT

Paddy field ecosystems serve not only as agricultural production areas but also as important carbon sequestration systems. Nevertheless, the economic value of this environmental service remains rarely quantified at the local scale. This study aims to calculate the fresh and dry biomass of rice plants as carbon sequestration factors, estimate the carbon sequestration capacity of paddy field ecosystems, and determine the economic value of carbon sequestration services in Kramat Temenggung Village, Tarik District, Sidoarjo. A biophysical approach combined with market price valuation was applied in this research. Primary data were obtained through field sampling of rice clumps and laboratory analysis of soil samples. Biomass samples were oven-dried at 70°C for 3 hours, while soil organic carbon was analyzed using the Walkley-Black method. Carbon stocks were converted into CO₂ equivalent using the IPCC stoichiometric factor of 44/12 and multiplied by the average carbon price of IDR 57,028 per ton CO₂-eq based on IDX Carbon. The findings indicate that fresh biomass reached 98.22 tons/ha/season, while dry biomass amounted to 40.60 tons/ha/season. Total carbon sequestration was 56.97 tons C/ha/season, equivalent to 209.08 tons CO₂-eq/ha/season. The economic value of carbon sequestration services was estimated at IDR 11,913,332/ha/season or IDR 15,734,390/ha/year. Across 9.5 hectares of productive paddy fields, the annual economic value reached IDR 149,476,706/year. These results demonstrate that paddy field ecosystems provide substantial environmental economic benefits beyond their role in food production

Keywords: *paddy field ecosystem; carbon sequestration; biomass; soil organic carbon; CO₂ equivalent; economic valuation; environmental services.*

ABSTRAK

Ekosistem sawah tidak hanya berperan sebagai kawasan produksi pangan, tetapi juga sebagai sistem penting dalam penyerapan karbon. Meskipun demikian, nilai ekonomi dari jasa lingkungan tersebut masih jarang dihitung pada tingkat lokal. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung biomassa segar dan biomassa kering tanaman padi sebagai faktor penyerapan karbon, mengestimasi kapasitas penyerapan karbon ekosistem sawah, serta menentukan nilai ekonomi jasa penyerapan karbon di Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini menggunakan pendekatan biofisik yang dikombinasikan dengan valuasi harga pasar. Data primer diperoleh melalui pengambilan sampel rumpun padi di lapangan dan analisis tanah di laboratorium. Sampel biomassa dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 3 jam, sedangkan kandungan karbon organik tanah dianalisis dengan metode Walkley-Black. Stok karbon dikonversi menjadi setara CO₂ menggunakan faktor stoikiometri IPCC sebesar 44/12, kemudian dikalikan dengan harga rata-rata karbon sebesar Rp57.028 per ton CO₂-eq berdasarkan IDX Carbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa segar mencapai 98,22 ton/ha/musim, sedangkan biomassa kering sebesar 40,60 ton/ha/musim. Total penyerapan karbon mencapai 56,97 ton C/ha/musim atau setara dengan 209,08 ton CO₂-eq/ha/musim. Nilai ekonomi jasa penyerapan karbon diperkirakan sebesar Rp11.913.332/ha/musim atau Rp15.734.390/ha/tahun. Pada total lahan sawah produktif seluas 9,5 hektare, nilai ekonomi tahunan mencapai Rp 149.476.706 per tahun. Temuan ini menunjukkan bahwa ekosistem sawah memiliki nilai ekonomi lingkungan yang signifikan selain fungsi utamanya sebagai penghasil pangan.

Kata Kunci: ekosistem sawah; penyerapan karbon; biomassa; karbon organik tanah; CO₂ ekuivalen; valuasi ekonomi; jasa lingkungan.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah isu lingkungan global yang semakin mendesak dan membutuhkan respons lintas sektor. Sektor pertanian, yang terkhusus pada ekosistem sawah, memiliki peran ganda: selain sebagai penyedia pangan utama, ekosistem sawah juga memiliki potensi lingkungan, salah satunya melalui penyedia jasa penyerapan karbon (carbon sequestration) (Core Writing Team, 2023). Sawah sebagai ekosistem lahan basah pertanian memiliki kapasitas besar dalam menyerap dan menyimpan karbon, baik dari biomassa tanaman maupun akumulasi karbon organik tanah. Namun, kelebihan tersebut selama ini hanya dinilai dari sisi ekologis dan belum diperhitungkan secara ekonomi. Pendekatan valuasi ekonomi menjadi penting untuk mengakui bahwa jasa penyerapan karbon oleh ekosistem sawah merupakan aset lingkungan yang signifikan dalam kebijakan pembangunan rendah emisi (Canton, 2021).

Nilai ekonomi jasa penyerapan karbon sangat dipengaruhi oleh kondisi biofisik ekosistem sawah. Faktor seperti jenis varietas padi, produktivitas biomassa, pola tanam, dan sistem pengelolaan air sangat menentukan besaran karbon yang mampu diserap. Penelitian pada lahan sawah tergenang di Jawa Timur menerangkan kemampuan penyerapan karbon berkisar 1,8–3,5 ton C/ha/tahun, hal itu dipengaruhi oleh varietas dan manajemen air di lokasi lahan sawah tersebut (Adimas, Zayadi, & Prasetyo, 2023). Selain faktor biofisik, aspek pengelolaan juga berperan penting; praktik budidaya ramah lingkungan seperti alternate wetting and drying (AWD) terbukti mampu meningkatkan penyerapan karbon hingga 15% dibandingkan dengan sistem tergenang penuh (Mardiastuti, 2018). Dari sisi ekonomi, nilai penyerapan karbon sawah dapat mencapai Rp5,68–13,38 juta/ha, hal tersebut tergantung pada harga karbon yang berlaku di pasar (Arifin, Bertham, & Putranto, 2025).

Urgensi valuasi ekonomi jasa penyerapan karbon semakin nyata di wilayah suburban seperti Kecamatan Tarik, Sidoarjo, yang merupakan salah satu wilayah dengan lahan sawah produktif terluas tetapi tengah mengalami tekanan alih fungsi menjadi kawasan industri dan permukiman (Sidoarjo, 2009). Apabila konversi lahan terus berlanjut, maka kapasitas penyerapan karbon di wilayah tersebut akan berkurang drastis. Nilai ekonomi jasa ekosistem yang terukur secara moneter dapat menjadi argumen dan landasan kuat dalam mempertahankan sawah bukan sekadar sebagai penghasil pangan, melainkan juga sebagai penyedia jasa lingkungan strategis (Hapsari, Saputra, Setyawati, Dewi, & Perdana, 2024). Tanpa skema insentif seperti Payment for Ecosystem Services (PES), nilai potensial ini seringkali tidak terealisasi secara finansial (Hapsari et al., 2024).

Penelitian terdahulu mengenai valuasi karbon sawah umumnya bersifat makro dengan data agregat nasional, sehingga belum bisa menangkap variasi spasial dan kondisi spesifik wilayah (Achmad, Labida, & Djuarsa, 2025). Selain itu, penggunaan metode estimasi yang tidak tepat seperti metode kehutanan untuk ekosistem sawah dapat menimbulkan bias valuasi hingga 10–20% lebih tinggi (Adimas et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian di tingkat lokal yang mengintegrasikan faktor biofisik, metodologi terstandar (IPCC), dan harga karbon pasar nasional, menjadi penting untuk mengisi kesenjangan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghitung jumlah biomassa basah dan kering tanaman padi sebagai faktor penyerapan karbon; (2) menghitung kapasitas penyerapan karbon oleh ekosistem sawah; dan (3) menghitung nilai valuasi ekonomi jasa penyerapan karbon oleh ekosistem sawah di Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Sidoarjo. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan literatur valuasi ekonomi jasa lingkungan, sekaligus menjadi salah satu landasan kebijakan mengenai perlindungan lahan pertanian dan skema pasar karbon lokal di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, pada bulan September hingga Oktober 2025. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan biofisik dan ekonomi, yaitu mengukur jasa ekosistem terlebih dahulu dalam satuan fisik sebelum dilakukannya valuasi ekonomi (Fauzi, 2004). Data primer diperoleh melalui pengambilan sampel rumpun padi di lapangan dan analisis laboratorium, sedangkan data sekunder bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo, Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan Tarik, Portal Sidoarjo, dan Indonesia Carbon Exchange (IDX Carbon). Objek penelitian ini terfokus pada ekosistem sawah aktif seluas 9,5 hektar yang dikelola aktif oleh petani setempat. Pendekatan valuasi ekonomi yang digunakan adalah market price approach, yaitu mengonversi jumlah karbon yang terserap ke nilai moneter berdasarkan harga rata-rata karbon di IDX Carbon (Pryor et al., 2023).

2.1 Perhitungan Biomassa

Penentuan jumlah rumpun padi per hektar diketahui melalui penerapan teknik tanam jarar legowo dengan jarak tanam 25 cm × 25 cm, menggunakan formula berikut:

$$N = A / (dr \times dc)$$

Keterangan:

N = Jumlah rumpun padi (rumpun/ha)

A = Luas lahan (m²)

dr = Jarak antar barisan (m)

dc = Jarak antar tanaman (m)

Biomassa basah per hektar dihitung dengan mengalikan berat basah sampel rumpun padi (FWC = 0,6139 kg) dengan jumlah rumpun padi per hektar, menggunakan formula:

$$WBW = FWC \times N$$

Keterangan:

WBW = Berat biomassa basah per hektar (ton/ha)

FWC = Berat basah sampel rumpun (kg)

N = Jumlah rumpun padi per hektar (rumpun/ha)

Kadar air (MC) dihitung dengan formula:

$$MC = [(FWC - DWC) / FWC] \times 100\%$$

Keterangan:

MC = Kadar air (%)

FWC = Berat rata-rata satu rumpun basah (kg)

DWC = Berat kering sampel rumpun (kg)

Biomassa kering per hektar dihitung menggunakan formula:

$$DBW = WBW \times (1 - MC)$$

Keterangan:

DBW = Berat biomassa kering tanaman (ton/ha)

WBW = Berat biomassa basah (ton/ha)

MC = Kadar air (%)

Sebelum dihitung, sampel rumput dikeringkan di dalam oven pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam. Berat kering sampel rumput padi yang diperoleh adalah 0,2538 kg, sehingga kadar air (MC) yang diperoleh berdasarkan sampel rumput padi yang diproses adalah sebesar 58,66%.

2.2 Analisis Penyerapan Karbon

Kandungan karbon biomassa tanaman padi dihitung dengan mengalikan nilai biomassa kering dengan nilai fraksi karbon (Fc) sebesar 0,45 sesuai pedoman Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) untuk tanaman padi (Vinet & Zhedanov, 2011):

$$\text{CB} = \text{DBW} \times \text{FC}$$

Keterangan:

CB = Stok karbon biomassa (ton/ha)

DBW = Berat biomassa kering (ton/ha)

FC = Fraksi kandungan karbon (0,45)

Stok karbon organik tanah (SOC) dihitung berdasarkan konsentrasi karbon organik tanah (%C), bobot isi atau bulk density (BD), dan kedalaman lapisan tanah (D) (Nelson & Sommers, 1982).

$$\text{SOC} = \%C \times \text{BD} \times D \times A$$

Keterangan:

SOC = Stok karbon tanah (ton C/ha)

%C = Kandungan karbon organik tanah (%)

BD = Bobot isi / Bulk density (g/cm^3)

D = Kedalaman lapisan tanah (m)

A = Luas lahan (ha)

Total karbon ekosistem sawah dihitung dengan menjumlahkan karbon biomassa dan SOC:

$$\text{CT} = \text{CB} + \text{SOC}$$

Keterangan:

CT = Total cadangan karbon ekosistem sawah (ton C/ha)

CB = Cadangan karbon biomassa tanaman padi (ton C/ha)

SOC = Cadangan karbon tanah (ton C/ha)

2.3 Konversi dan Valuasi Ekonomi

Konversi total stok karbon ke karbon dioksida ekuivalen ($\text{CO}_2\text{-eq}$) dilakukan menggunakan faktor stoikiometri 44/12 sesuai pedoman IPCC (Applicable, Categories, Guidelines, Greenhouse, & Inventories, 2006; Penman, Gytarsky, Hiraishi, Irving, & Krug, 2006):

$$\text{CO}_2\text{-eq} = \text{CT} \times (44/12)$$

Keterangan:

CO_2e = Total karbon dioksida ekuivalen (ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{ha}$)

CT = Stok karbon total (ton C/ha)

44 = Berat molekul CO_2

12 = Berat atom C

Nilai ekonomi jasa penyerapan karbon dihitung berdasarkan harga karbon per ton yang berlaku di pasar karbon (Pryor et al., 2023):

$$VE = NKB \times Pk$$

Keterangan:

VE = Nilai ekonomi penyerapan karbon (Rp/ha/tahun)

NKB = Total karbon penyerapan (ton CO₂-eq/ha/tahun)

Pk = Harga karbon Rp57.028 per ton CO₂-eq (Indonesia Carbon Exchange, 2025)

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Desa Kramat Temenggung berada di Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, pada koordinat 7°26'02,7" LS dan 112°27'59,0" BT, dengan ketinggian 16 meter di atas permukaan laut serta luas wilayah 99,86 km². Wilayah ini beriklim tropis basah dengan suhu rata-rata 27–33°C dan curah hujan tahunan 1.600–1.800 mm, menjadikan wilayah tersebut memiliki kelembapan yang tergolong tinggi (Portal Sidoarjo, 2024). Berdasarkan klasifikasi iklim, Desa Kramat Temenggung termasuk dalam tipe iklim C3 dengan 6–7 bulan basah, yang sangat mendukung penerapan pola tanam padi dua kali dalam setahun.

Luas lahan sawah di Desa Kramat Temenggung sebesar 9,5 hektar dengan penerapan sistem irigasi teknis yang bersumber dari Daerah Irigasi Porong. Komoditas utama yang dibudidayakan adalah padi varietas Chierang dengan sistem tanam jarak legowo jarak 25 cm × 25 cm, menghasilkan produktivitas 6,4 ton/ha/musim, lebih tinggi dari rata-rata Kabupaten Sidoarjo sebesar 6,0 ton/ha (BPS Sidoarjo, 2024). Mayoritas petani juga menerapkan praktik pembenaman jerami yang berkontribusi pada peningkatan cadangan karbon organik tanah secara berkelanjutan (Herdiyanti & Aswidinnoor, 2015).

3.2 Biomassa Basah dan Biomassa Kering

Berdasarkan sistem tanam jarak legowo dengan jarak 25 cm × 25 cm, jumlah rumpun padi yang dapat ditanam dalam satu hektar lahan sawah adalah 160.000 rumpun/ha/musim. Dengan pola tanam dua musim dalam setahun, total rumpun mencapai 320.000 rumpun/ha/tahun, atau setara dengan 3.040.000 rumpun/tahun untuk seluruh lahan sawah 9,5 hektar.

Berat biomassa basah sampel rumpun padi yang mencakup akar, batang, dan daun adalah 0,6139 kg. Biomassa basah per hektar per musim mencapai 98,22 ton/ha. Setelah proses pengeringan oven pada suhu 70°C selama 3 jam, berat kering sampel menjadi 0,2538 kg, sehingga kadar air (MC) sebesar 58,66%. Biomassa kering per hektar per musim dihitung sebesar 40,60 ton/ha. Hasil perhitungan lengkap disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Biomassa Basah dan Biomassa Kering pada Lahan Sawah Desa Kramat Temenggung

Luasan Lahan dan Musim Tanaman	Biomassa Basah (ton)	Biomassa Kering (ton)	Kadar Air (%)
1 ha/musim	98,22	40,60	58,66
1 ha/tahun (2 musim)	196,45	81,21	58,66
9,5 ha/musim	933,13	385,78	58,66
9,5 ha/tahun	1.866,26	771,56	58,66

Sumber: Data Primer Diolah, 2025

Nilai biomassa basah sebesar 98,22 ton/ha/musim dan biomassa kering 40,60 ton/ha/musim termasuk tinggi. Tingginya biomassa tersebut berkaitan erat dengan penerapan teknik jajar legowo yang mengoptimalkan populasi tanaman, penggunaan varietas Chierang yang memiliki produktivitas unggul, dan dukungan irigasi teknis yang memadai. Biomassa kering yang tinggi secara langsung berkontribusi pada peningkatan cadangan karbon biomassa, karena cadangan karbon dihitung berdasarkan berat kering yang dikalikan dengan nilai fraksi karbon (IPCC, 2007a).

3.3 Kapasitas Penyerapan Karbon Ekosistem Sawah

Cadangan karbon biomassa (CB) dihitung melalui nilai biomassa kering yang dikalikan dengan nilai fraksi karbon sebesar 0,45 (IPCC, 2007b). Menghasilkan nilai 18,27 ton C/ha/musim. Hasil analisis laboratorium dengan metode Walkley-Black menunjukkan kandungan karbon organik tanah (C-organik) sebesar 1,29%, dengan bobot isi tanah 1,5 g/cm³ dan kedalaman sampel 20 cm. Berdasarkan perhitungan, nilai SOC diperoleh sebesar 38,70 ton C/ha. Nilai SOC tersebut bersifat stabil karena karbon organik merupakan reservoir alami jangka panjang yang dapat bertahan selama beberapa dekade bergantung pada teknik pengolahan tanah (Crowther et al., 2016). Dalam proses valuasi, SOC dihitung sebagai stok aset tetap (*carbon sink*) yang mencerminkan kapasitas penyimpanan karbon pada lapisan tanah (Applicable et al., 2006).

Total cadangan karbon ekosistem (CT) adalah penjumlahan CB dan SOC: $CT = 18,27 + 38,70 = 56,97$ ton C/ha/musim. Dengan pola tanam dua kali dalam setahun dan komponen SOC yang bersifat stabil, total karbon per tahun pada ekosistem sawah di Desa Kramat Temenggung mencapai 75,25 ton C/ha/tahun. Untuk total luas lahan 9,5 hektar, ekosistem sawah tersebut mampu menyerap 541,25 ton C/musim atau setara dengan 741,85 ton C/tahun. Rincian hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Nilai total penyerapan karbon sebesar 56,97 ton C/ha/musim tergolong tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Adimas et al. (2023) yang mencatat serapan karbon sawah di Jawa Timur berkisar 1,8–3,5 ton C/ha/tahun. Perbedaan ini dapat dijelaskan berdasarkan cakupan analisis: penelitian ini memperhitungkan dua komponen utama secara simultan, yaitu biomassa dan karbon organik tanah (SOC), sedangkan beberapa penelitian terdahulu hanya mengukur salah satu komponen. Karbon organik tanah sebesar 38,70 ton C/ha memberikan kontribusi dominan karena karbon tanah merupakan reservoir karbon terbesar pada ekosistem darat dan bersifat stabil dalam jangka panjang (Crowther et al., 2016; Paustian et al., 2016).

Tabel 2. Total Penyerapan Karbon Ekosistem Sawah Desa Kramat Temenggung

Luasan Lahan dan Musim Tanam	BC (ton C/ha)	SOC (ton C/ha)	CT (ton C/ha)
1 ha/musim	18,27	38,70	56,97
1 ha/tahun (2 musim)	36,55	38,70	75,25
9,5 ha/musim	173,60	367,65	541,25
9,5 ha/tahun	347,20	367,65	741,85

Sumber: Data Primer Diolah, 2025

3.4 Konversi Karbon ke CO₂-Ekuivalen

Total cadangan karbon per hektar per musim (56,97 ton C/ha) dikonversi ke satuan CO₂-eq menggunakan faktor stoikiometri 44/12 sesuai pedoman IPCC (Penman et al., 2006) : $CO_2\text{-eq} = 56,97 \times (44/12) = 208,90$ ton CO₂-eq/ha/musim. Dengan pola tanam dua kali setahun, ekosistem sawah dapat menghasilkan 275,91 ton CO₂-eq/ha/tahun. Berdasarkan total lahan produktif 9,5 hektar, ekosistem sawah tersebut mampu menyerap 1.984,58 ton CO₂-eq per musim atau setara dengan 2.621,11 ton CO₂-eq/tahun. Data hasil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Konversi Karbon ke Karbon Dioksida Ekuivalen (CO₂-eq)

Luas Lahan dan Musim Tanam	Jumlah CO ₂ -eq
1 ha/musim	208,90 ton CO ₂ -eq/ha
1 ha/tahun (2 musim)	275,25 ton CO ₂ -eq/ha
9,5 ha/musim	1.984,58 ton CO ₂ -eq/musim
9,5 ha/tahun	2.621,11 ton CO ₂ -eq/tahun

Sumber: Data Primer Diolah, 2025

Serapan CO₂-eq sebesar 208,90 ton/ha/musim menunjukkan peran vital ekosistem sawah dalam menekan konsentrasi gas rumah kaca di wilayah lokal. Angka ini setara dengan emisi yang dihasilkan oleh lebih dari 45 kendaraan bermotor dalam setahun berdasarkan estimasi emisi rata-rata kendaraan sebesar 4,6 ton CO₂/tahun (IPCC, 2007a). Serapan CO₂-eq sebesar 208,90 ton/ha/musim menunjukkan peran vital ekosistem sawah dalam menekan konsentrasi gas rumah kaca di wilayah lokal. Angka ini setara dengan emisi yang dihasilkan oleh lebih dari 45 kendaraan bermotor dalam setahun berdasarkan estimasi emisi rata-rata kendaraan sebesar 4,6 ton CO₂/tahun (Liu, Yang, Shen, & Liu, 2025; Pu, Yang, Chen, & Deng, 2025).

3.5 Nilai Ekonomi Jasa Penyerapan Karbon

Nilai ekonomi jasa penyerapan karbon dihitung dengan mengalikan volume CO₂-eq per hektar dengan harga rata-rata karbon IDX Carbon tahun 2025 sebesar Rp57.028/ton CO₂-eq. Berdasarkan perhitungan: $VE = 209,08 \text{ ton CO}_2\text{-eq} \times \text{Rp}57.028 = \text{Rp}11.913.332/\text{ha/musim}$. Hasil tersebut kemudian diekstrapolasi untuk seluruh luasan lahan dan periode tanam, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Ekonomi Jasa Penyerapan Karbon Berdasarkan Luasan Lahan dan Musim Tanam

Luas Lahan dan Musim Tanam	Nilai Ekonomi (Rp)
1 ha/musim	Rp 11.913.332
1 ha/tahun (2 musim)	Rp 15.734.390
9,5 ha/musim	Rp 113.176.651
9,5 ha/tahun	Rp 149.476.706

Sumber: Data Primer Diolah, 2025

Nilai ekonomi jasa penyerapan karbon sebesar Rp11.913.332/ha/musim atau setara dengan Rp15.734.390/ha/tahun berada di atas rentang yang diperoleh pada penelitian terdahulu sebesar Rp4–7 juta/ha/tahun. Perbedaan ini sebagian besar diakibatkan oleh dua faktor: pertama, penelitian ini menggunakan harga karbon IDX Carbon tahun 2025 yang lebih terkini (Rp57.028/ton CO₂-eq); kedua, ruang lingkup analisis mencakup karbon biomassa dan SOC secara simultan sehingga total CO₂-eq yang dihasilkan lebih tinggi. Untuk total lahan 9,5 hektar di Desa Kramat Temenggung, nilai ekonomi tahunan mencapai Rp149.476.706, jauh melampaui nilai rata-rata penerimaan petani dari produksi padi per hektar per tahun yang berkisar Rp18–25 juta (BPS Sidoarjo, 2024). Temuan ini mengonfirmasi bahwa jasa penyerapan karbon merupakan nilai tambah lingkungan yang substansial dan strategis. Namun, tanpa mekanisme dan skema kredit karbon yang jelas, nilai ekonomi ini tetap tidak akan terealisasi secara finansial bagi para petani (Hapsari et al., 2024).

Implikasi penting dari hasil penelitian ini adalah perlunya integrasi nilai jasa lingkungan ekosistem sawah ke dalam kebijakan pembangunan daerah. Pemerintah Kabupaten Sidoarjo dapat mempertimbangkan skema insentif berbasis jasa ekosistem untuk mendorong petani mempertahankan lahan sawah produktif, terutama di tengah tekanan alih fungsi lahan menjadi kawasan industri dan pemukiman yang terus meningkat di wilayah sub-urban seperti Kecamatan Tarik (Patiung, Agribisnis, Wijaya, & Surabaya, 2022). Sertifikasi kredit karbon melalui

mekanisme IDX Carbon berpeluang membuka sumber pendapatan tambahan bagi petani sekaligus mendukung target penurunan emisi gas rumah kaca nasional (Pryor et al., 2023; Yona, Cashore, Jackson, Ometto, & Bradford, 2020)

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem sawah di Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Sidoarjo, memiliki kontribusi penting dalam jasa penyerapan karbon. Terdapat tiga temuan utama. Pertama, lahan sawah menghasilkan biomassa basah sebesar 98,22 ton/ha/musim dan biomassa kering sebesar 40,60 ton/ha/musim, dengan rata-rata kadar air 58,66%. Pada luas lahan 9,5 hektar, akumulasi biomassa kering mencapai 771,56 ton/tahun, menjadi dasar penting dalam proses penyerapan karbon di wilayah penelitian.

Kedua, kapasitas total serapan karbon ekosistem sawah mencapai 56,97 ton C/ha/musim, terdiri atas karbon biomassa sebesar 18,27 ton C/ha dan karbon organik tanah (SOC) sebesar 38,70 ton C/ha. Dengan pola dua musim tanam, nilai tersebut meningkat menjadi 75,25 ton C/ha/tahun. Pada total lahan 9,5 hektar, serapan karbon mencapai 741,85 ton C/tahun atau setara dengan 2.621,11 ton CO₂-eq/tahun.

Ketiga, estimasi nilai ekonomi jasa penyerapan karbon berdasarkan harga IDX Carbon Rp57.028/ton CO₂-eq menghasilkan nilai Rp11.913.332/ha/musim atau Rp15.734.390/ha/tahun. Secara keseluruhan, nilai ekonomi tahunan jasa penyerapan karbon pada seluruh lahan penelitian mencapai Rp113.176.651 per musim dan Rp149.476.706 per tahun.

Temuan tersebut memperkuat pandangan bahwa sawah tidak hanya berfungsi sebagai ruang produksi pangan, tetapi juga sebagai aset ekologis yang memiliki nilai ekonomi penting. Pemerintah daerah perlu mempertimbangkan nilai jasa lingkungan sawah dalam perumusan kebijakan perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B), sekaligus mengembangkan skema insentif berbasis payment for ecosystem services (PES) bagi petani yang berperan menjaga fungsi ekologis lahan sawah. Petani disarankan untuk tetap mempertahankan sistem tanam jajar legowo serta praktik pembenaman jerami sebagai upaya menjaga kestabilan cadangan karbon organik tanah. Penelitian berikutnya disarankan untuk memasukkan pengukuran emisi gas rumah kaca, terutama metana (CH₄), sehingga analisis neraca karbon pada ekosistem sawah dapat disajikan secara lebih akurat dan komprehensif.

Ucapan Terima Kasih (Acknowledgement)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Wijaya Kusuma Surabaya atas dukungan akademis yang diberikan, serta kepada para petani dan aparat Desa Kramat Temenggung, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo, yang telah memberikan izin dan bantuan selama proses pengambilan data di lapangan. Apresiasi juga disampaikan kepada Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan Tarik dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo atas data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M., Labida, L., & Djuarsa, F. F. (2025). Valuasi Ekologis terhadap Alih Fungsi Lahan Sawah di Kabupaten Bandung , Jawa Barat Ecological Valuation of Rice Field Land Conversion in Bandung Regency , West Java, *11*, 4099–4111.
- Adimas, L., Zayadi, H., & Prasetyo, H. D. (2023). Estimasi Stok Karbon Di Precet Kawi Forest Wilayah Resort Pemangkuan Hutan Wagir KPH Malang. *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*, 6(1), 08–16. <https://doi.org/10.33474/j.sa.v6i1.12945>
- Applicable, G. M., Categories, M. L., Guidelines, I., Greenhouse, N., & Inventories, G. (2006).

CHAPTER 2 GENERIC METHODOLOGIES APPLICABLE TO MULTIPLE LAND-, 1–59.

- Arifin, Z., Bertham, Y. H., & Putranto, A. M. H. (2025). Carbon Sequestration Dynamics in The Above Ground Biomass on Reclaimed Land : a Coupled Ecological-Economic Assessment in Indonesia, *2025(4)*, 360–369.
- BPS Sidoarjo. (2024). kecamatan Tarik Dalam Angka 2024. *Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo*, 33(2), 4.
- Canton, H. (2021). Food and agriculture organization of the United Nations—FAO. In *The Europa directory of international organizations 2021* (hal. 297–305). Routledge.
- Core Writing Team, H. L. and J. R. (2023). IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1–34.
- Crowther, T. W., Todd-Brown, K. E. O., Rowe, C. W., Wieder, W. R., Carey, J. C., Machmuller, M. B., ... Bradford, M. A. (2016). Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature*, 540(7631), 104–108. <https://doi.org/10.1038/nature20150>
- Fauzi, A. (2004). *Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: Teori dan aplikasi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Hapsari, F. N., Saputra, D. A., Setyawati, E., Dewi, I. Y., & Perdana, T. A. (2024). Kajian Valuasi Jasa Ekosistem Mangrove Desa Citeureup, Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 15(3), 299–308. <https://doi.org/10.24319/jtpk.15.299-308>
- Herdianti, T., & Aswidinnoor, H. (2015). Tanggap Tiga Varietas Padi Sawah terhadap Kombinasi Pemupukan dengan Sistem Pembenaman Jerami Response of Three Rice Varieties to Combination of Fertilizers with Straw Incorporation System, *43(3)*, 179–185.
- Indonesia Carbon Exchange. (2025). *IDXCARBON: MONTHLY REPORT JUNE 2024*. *IDXCARBON* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1927.tb05046.x>
- IPCC. (2007a). *Climate Change 2007: The Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University. *Climate change*, 374.
- IPCC. (2007b). *Report from Intergovernmental Panel on Climate Change*. *Unep*, 1–19. Diambil dari <http://www.ipcc.ch>
- Liu, X., Yang, Y., Shen, P., & Liu, X. (2025). An Economic Valuation of Forest Carbon Sink in a Resource-Based City on the Loess Plateau, 1–32.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 539–579.
- Patiung, M., Agribisnis, J., Wijaya, U., & Surabaya, K. (2022). Nilai ekonomi lahan sawah sebagai manfaat produk jasa lingkungan di era pertanian milenial tahun 2022, *14*, 1–8.
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49–57.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Irving, W., & Krug, T. (2006). 2006 IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Directrices para los inventarios nacionales GEI*, 12. Diambil dari <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Portal Sidoarjo. (2024). Laporan Penyelenggaraan Pemerintahan Daerah Kabupaten Sidoarjo. *Portal Kabupaten Sidoarjo*. Diambil dari [https://adminweb.sidoarjokab.go.id/upload/files/1743059090-LPPD Kab. Sidoarjo Tahun](https://adminweb.sidoarjokab.go.id/upload/files/1743059090-LPPD_Kab._Sidoarjo_Tahun)

- Pryor, J., Agnolucci, P., Fischer, C., Heine, D., Leon, M. M. d O., Arslanalp, S., ... Quirós-Romero, G. (2023). Carbon pricing around the world. *Data for a greener world: a guide for practitioners and policymakers*, 79.
- Pu, M., Yang, S., Chen, A., & Deng, Z. (2025). Research on Forest Carbon Sequestration and Its Economic Valuation : A Case Study of the Zixi Mountain Nature Reserve , Chuxiong Prefecture, 1–24.
- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2011). A “missing” family of classical orthogonal polynomials. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Yona, L., Cashore, B., Jackson, R. B., Ometto, J., & Bradford, M. A. (2020). Refining national greenhouse gas inventories. *Ambio*, 49(10), 1581–1586. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01312-9>