

Dinamika Perubahan Iklim dan Keberlanjutan Produksi Kopi: Analisis Spasial Stok Karbon

(Dynamics of Climate Changes and Sustainability of Coffee Production: Spatial Analysis of Carbon Stocks)

Nuryahya Abdullah*, Dwi Maryana, Ummu Kalsum

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Teknologi Sulawesi,
Jl. Talasalapang No.51A, Karunrung, Kec. Rappocini, Kota Makassar Sulawesi Selatan, 90222

*Corresponding email: yahya.abdullah497@gmail.com

ABSTRACT

Climate change threatens the sustainability of coffee production in Indonesia. One of the causes of climate change is the reduction in carbon stocks. Coffee stands have a big role in maintaining carbon stocks. Carbon stocks are part of the global carbon cycle. This research aims to create a carbon stock distribution map on coffee fields in Gowa Regency. This research uses a spatial analysis method which is integrated with the results of soil analysis using the Walkey and Black method to determine the carbon content in the soil which produces a Carbon Stock Distribution Map in Gowa Regency. The research results explained that the highest carbon content was 2,85% in Tanete Village, Tombolopao District (TB2) with a production of 2 kg per tree. This is because the existence of coffee stands in these two regions is still maintained. The carbon content in Pattapang Village, Tinggi Moncong District (TM3) shows the lowest percentage of organic carbon content at 0,82% with a plant age of >10 years and a production of 0,5 kg per tree. Horticultural farming and the massive change in use of agricultural land into villas/settlements is one of the main causes. This also happened in Bungaya and Bonto Lempangan sub-districts. It is hoped that there will be guidelines for adaptation to climate change that include coffee insurance scheme strategies to balance climate risks, diversified multi-strata shelter management to manage seasonal rainfall variability and extreme temperatures, and institutional strengthening, namely community organizations to face increasing market risks related to the resilience of coffee production..

Keywords: Carbon Stock; Climate Change; Coffee; Gowa Regency; Spatial

ABSTRAK

Perubahan iklim mengancam keberlanjutan produksi kopi di Indonesia. Salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim adalah berkurangnya stok karbon. Tegakan kopi memiliki peran yang besar dalam menjaga stok karbon. Stok karbon adalah bagian dari siklus karbon global. Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta distribusi stok karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa. Penelitian ini menggunakan metode analisis spasial yang diintegrasikan dengan hasil analisa tanah menggunakan metode Walkey and Black untuk mengetahui kandungan karbon dalam tanah yang menghasilkan Peta Distribusi Stok Karbon di Kabupaten Gowa. Hasil penelitian menjelaskan bahwa kandungan karbon tertinggi adalah 2,85% di Desa Tanete, Kecamatan Tombolopao (TB2) dengan produksi 2 kg per pohon. Hal ini disebabkan oleh eksistensi tegakan kopi di kedua wilayah ini masih terjaga. Kandungan karbon yang berada pada Kelurahan Pattapang Kecamatan Tinggi Moncong (TM3) menunjukkan persentase kandungan karbon organik terendah sebesar 0,82% dengan umur tanaman >10 Tahun dan produksi 0,5 kg per pohon. Pertanian hortikultura dan massifnya perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi villa/pemukiman menjadi salah satu penyebab utama. Hal ini juga terjadi di Kecamatan Bungaya, dan Bonto Lempangan. Diharapkan adanya pedoman adaptasi atas perubahan iklim yang mencakup strategi skema asuransi kopi untuk menyeimbangkan risiko iklim, Pengelolaan naungan multistrata yang terdiversifikasi untuk mengelola variabilitas curah hujan musiman dan suhu ekstrem, dan Penguatan kelembagaan yakni organisasi masyarakat untuk menghadapi peningkatan resiko pasar terkait resiliensi produksi kopi.

Kata Kunci: Stok Karbon; Perubahan Iklim; Kopi; Kabupaten Gowa; Spasial

1. PENDAHULUAN

Kopi ditanam di lebih dari 60 negara tropis dengan luas lebih dari 11 juta hektar oleh sekitar 25 juta petani. Komoditas kopi merupakan salah satu sektor pertanian penting secara ekonomi di Indonesia (Bashiri *et al.*, 2021). Hal ini dapat dilihat dari kontribusinya pada sub-sektor perkebunan terhadap total Produk Domestik Bruto (PDB) sekitar 3,76% pada tahun 2022 atau 30,32% terhadap sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan. Sub-sektor ini merupakan memiliki peran sebagai penyedia bahan baku untuk sektor industri dan penghasil devisa untuk Indonesia (BPS, 2023). Tanaman kopi dikaki Gunung Bawakaraeng merupakan komoditas yang sangat penting bagi masyarakat di Kabupaten Gowa, terutama bagi masyarakat yang terletak pada ketinggian 500 sampai diatas 1.000 mdpl. Hal ini disebabkan oleh potensi tanaman kopi secara ekonomi yang bernilai tinggi, juga bermanfaat sebagai tanaman konservasi. Menurut BPS (2023) pada Tahun 2020, sekitar 10.056 Kepala Keluarga (KK) di Kabupaten Gowa berprofesi sebagai petani kopi. Namun, saat ini industri kopi dihadapkan pada tantangan perubahan iklim.

Secara umum, perubahan iklim mengakibatkan petani tidak mampu memprediksi musim hujan dan kemarau atau dengan kata lain pola curah hujan yang berubah sehingga sangat potensial menurunkan hasil panen dan meningkatkan biaya produksi. Manajemen lahan menentukan produksi kopi dan tingkat kesejahteraan keluarga petani kopi (Chairuddin & Abdullah, 2023). Akhirnya, perubahan iklim berdampak pada turunnya kualitas hidup keluarga petani kopi (Fontagro *et al.*, 2016). Potensi penurunan produksi kopi di seluruh dunia mencapai 70% yang disebabkan oleh perubahan iklim (Bilen *et al.*, 2023). Selain itu, perubahan iklim juga menyebabkan beberapa lahan kopi akan menjadi marjinal/tidak cocok untuk budidaya kopi dalam beberapa dekade mendatang. Proyeksi penurunan kesesuaian lahan kopi lebih dari 90% di wilayah berkembang. Penurunan kesesuaian lahan ini berada pada ketinggian <500-800 mdpl, dimana indikasi penurunan kesesuaian lahan pada kisaran 25-50 % akibat perubahan iklim (Läderach *et al.*, 2017).

Salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim adalah berkurangnya stok karbon. Tegakan kopi memiliki peran yang besar dalam menjaga stok karbon tersebut. Stok karbon adalah bagian dari siklus karbon global. Ketika terjadi gangguan pada siklus ini, misalnya terjadinya perubahan penggunaan lahan dari tegakan-tegakan kopi menjadi pemukiman. Ini mengakibatkan keseimbangan karbon terganggu dan jumlah CO₂ di atmosfer meningkat. Disamping itu, masalah lain yang muncul adalah eksistensi kopi menjadi terancam dan tentunya produksi kopi signifikan menurun seiring berkurangnya luas tanam kopi. Data BPS mencatat

areal pertanaman kopi di Kabupaten Gowa menurun pada tahun 2021 ke 2022 yakni 3.799 ha menjadi 3.290 ha (BPS, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pemantauan spasial stok karbon di lahan kopi untuk membantu melihat distribusi penyerapan karbon dan pengelolaan tanah yang berkelanjutan (Huang *et al.*, 2022).

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah (a) Bagaimana distribusi stok karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa? (b) Bagaimana perbedaan distribusi stok karbon pada lahan kopi berdasarkan produksi kopi?

Urgensi penelitian ini berupa panduan praktis untuk manajemen lahan yang berkelanjutan, serta memberikan kontribusi terhadap literatur ilmiah tentang interaksi antara pertanian, perubahan iklim, dan lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi mitigasi dan adaptasi yang lebih efektif dalam menghadapi dampak perubahan iklim terhadap pertanian kopi.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta sebaran distribusi stok karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa. Kajian ini akan menjembatani kesenjangan pengetahuan dalam memahami bagaimana sebaran distribusi stok karbon dengan konsep spasial (keruangan) pada pertanian kopi, serta bagaimana keberlanjutan produksi kopi dapat ditingkatkan.

Isu perubahan iklim tentang penurunan produksi kopi oleh stok karbon menjadi isu krusial. Penelitian tentang dinamika perubahan iklim dan keberlanjutan produksi kopi dengan fokus pada analisis spasial (keruangan) stok karbon merupakan kontribusi baru dalam konteks pertanian kopi di Indonesia, khususnya di wilayah Kabupaten Gowa. Penelitian sebelumnya menggunakan Citra Sentinel-1 digunakan untuk Estimasi Karbon Organik Tanah dengan Indeks Vegetasi SAR Polarisasi Ganda (Santos *et al.*, 2023). Panduan penelitian ini menggunakan (Hairiah *et al.*, 2011) dengan menjadikan fakta praktik manajemen lahan dan penggunaan lahan sebagai data primer yang berdampak pada ketersediaan karbon. Penelitian ini memiliki orisinalitas aspek pendekatan data primer dan fakta lapangan dalam menjembatani kesenjangan pengetahuan untuk memahami bagaimana stok karbon mempengaruhi perubahan iklim dalam sistem pertanian kopi, serta bagaimana keberlanjutan produksi kopi di Kabupaten Gowa dapat ditingkatkan melalui identifikasi stok karbon karbon. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan khazanah baru dalam dunia pengetahuan dengan memberikan kombinasi pendekatan yang kompleks yakni, analisis tanah dan analisis spasial yang selanjutnya bisa menjadi pedoman dasar dalam merumuskan dan mengembangkan arahan strategi peningkatan stok karbon.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada periode bulan April 2024 sampai Agustus 2024 dengan pertimbangan waktu panen petani kopi di Kabupaten Gowa. Adapun lokasi sebaran pengambilan sampel penelitian berada di 6 kecamatan penghasil kopi di Kabupaten Gowa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Sebaran sampel penelitian

Tanggal Pengambilan Sampel	Kode Notasi	Desa/Kelurahan	Ketinggian (Mdpl)	Kecamatan	Titik Koordinat		
					X	Y	Z
19/06/2024	TB1	Kelurahan Cikoro	827	Tompobulu	819800	9399751	827
19/06/2024	TB2	Desa Tanete	866	Tompobulu	816032	9398183	866
19/06/2024	TB3	Kelurahan Malakaji	1.025	Tompobulu	815345	9398568	1.025
18/06/2024	BB1	Kelurahan Tonrorita	625	Biringbulu	807439	9397674	625
18/06/2024	BB2	Kelurahan Lauwa	652	Biringbulu	806449	9398142	652
16/06/2024	BL1	Desa Ulujangang	677	Bonto Lempangan	807425	9399888	677
16/06/2024	BL2	Desa Julumatene	675	Bonto Lempangan	808649	9400520	675
15/6/2024	BG1	Desa Mangempang	435	Bungaya	796464	9409937	435
15/6/2024	BG2	Desa Mangempang	458	Bungaya	797522	9409268	458
13/6/2024	TM1	Kelurahan Bonto Lerung (Topidi)	1.127	Tinggi Moncong	819338	9414736	1.127
13/6/2024	TM2	Kelurahan Bonto Lerung (Topidi)	1.125	Tinggi Moncong	818716	9414825	1.125
12/6/2024	TM3	Kelurahan Pattapang	1.227	Tinggi Moncong	821093	9419712	1.227
14/6/2024	TP1	Kelurahan Tamaona	1.014	Tombolopao	826380	9425843	1.014
14/6/2024	TP2	Kelurahan Erelembang	1.023	Tombolopao	825802	9425954	1.023

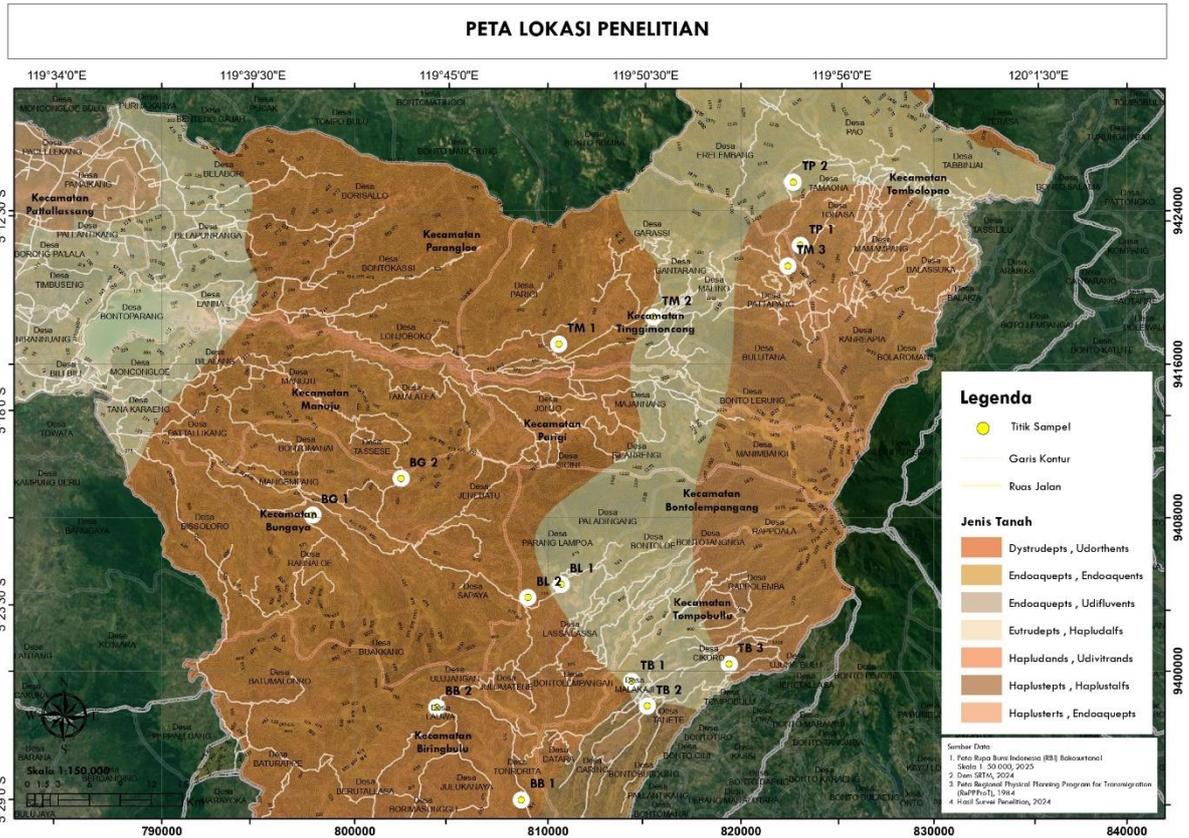
Alat yang digunakan adalah aplikasi pemetaan, *global positioning system* (GPS), kamera digital, bor tanah, plastik sampel, dan alat tulis. Bahan yang digunakan berupa data tabular dan spasial (administrasi, jenis tanah, kemiringan lereng) Kabupaten Gowa, data hasil survey dan wawancara, serta atribut laporan penelitian dan perundang-undangan yang relevan untuk digunakan dalam penelitian ini.

2.1. Analisis Distribusi Stok Karbon Dalam Tanah Pada Lahan Kopi di Kabupaten Gowa

Tahapan analisis distribusi stok karbon lahan kopi di Kabupaten gowa diuraikan sebagai berikut:

- **Pra-Survei**, identikasi area lahan kopi di masing-masing kecamatan penghasil kopi di Kabupaten Gowa melalui studi literatur.
- **Pengumpulan data spasial dan tabular** (dasar dan tematik), berupa:
 - a. Peta Jenis Tanah diperoleh dari analisis Peta *digital land system Regional Physical Planning Program for Transmigration* (RePProT) Skala 1:250.000 Tahun 1984.

- b. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Bakosurtanal Skala 1:50.000 Wilayah Kabupaten Gowa Tahun 2024.
- c. Dem (Digital Elevation Model) SRTM 30 Meter.
- **Pembuatan peta kerja lokasi penelitian**, analisis *overlay* /tumpang tindih dari data spasial diatas menghasilkan Satuan Peta Lahan (SPL) di Kabupaten Gowa (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

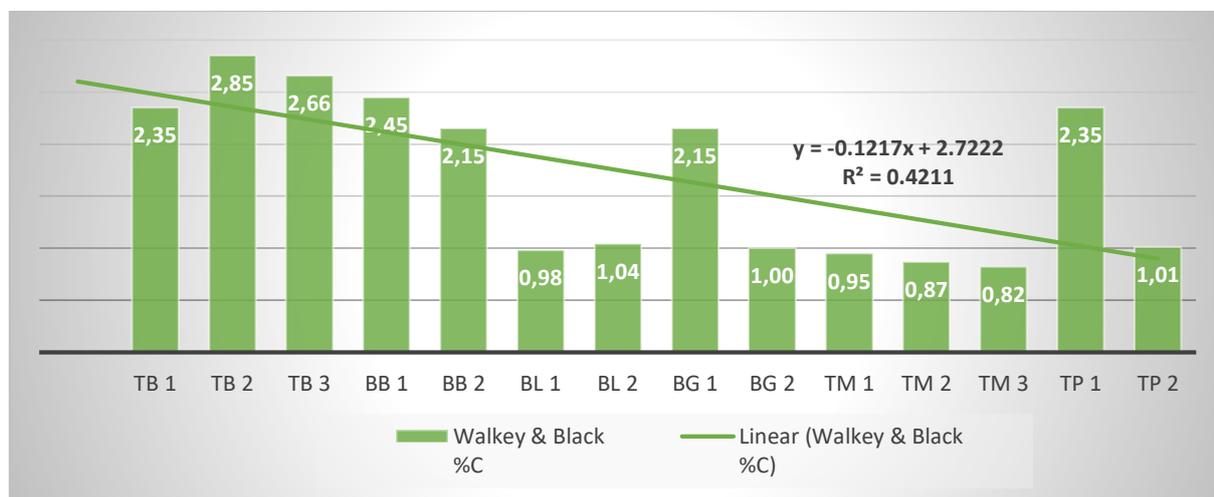
- **Pengambilan sampel tanah**, dilakukan dengan metode *purposive sampling*, berdasarkan sebaran Satuan Peta Lahan (SPL) yang berjumlah 14 titik. Pengambilan sampel tanah terganggu menggunakan bor tanah pada titik lokasi di bawah tegakan kopi dengan kedalaman 0-20 cm sebanyak 2 kg.
- **Wawancara atau observasi**, dilakukan dengan metode *deeply interview*, untuk mengetahui produksi per pohon kopi serta praktik dan manajemen lahan yang dilakukan oleh petani kopi di lokasi penelitian. Koordinasi dengan aparatur pemerintah desa dan kelompok tani setempat juga dilakukan untuk memperoleh informasi sebanyak-banyaknya.

- **Analisis tanah (% C Organik)**, berjumlah 14 sampel tanah dengan metode *Walkey and Black* di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Analisis *Walkey and Black* adalah metode standar yang digunakan untuk mengukur kandungan karbon organik dalam tanah. Karbon organik merupakan komponen penting dalam tanah karena berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah, struktur tanah, dan kemampuan tanah menahan air.
- **Analisis distribusi stok karbon**, integrasi data hasil analisis % C organik dari Laboratorium dan data spasial yang dihubungkan dengan hasil wawancara dengan petani di lokasi penelitian.
- **Interpretasi**, data tabular hasil analisis laboratorium kemudian dipadupadankan dengan data spasial yang menghasilkan Peta Distribusi Stok Karbon lahan kopi di Kabupaten Gowa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi stok karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa

Distribusi karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa ditampilkan pada Gambar 2 dan Tabel 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Hasil Analisis Tanah (%C) Sampel Penelitian

Secara umum, terdapat tren penurunan kandungan karbon organik dari awal hingga akhir data. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan jenis tanah, penggunaan lahan, atau pengelolaan tanah yang berbeda pada setiap lokasi pengambilan sampel. Persamaan regresi ($y = -0,1217x + 2,7222$) dengan Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4211 mengindikasikan bahwa persamaan regresi tersebut dapat menjelaskan sekitar 42% variabilitas

data. Ada variasi yang cukup signifikan dalam kandungan karbon organik di antara berbagai sampel. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki praktik manajemen pertanian berbeda, umur tanaman berbeda, sekaligus penggunaan lahan yang berbeda pula.

Tabel 2. Data distribusi karbon (% C) di wilayah studi

Kode	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Koordinat			Jenis Tanah	Umur Tanaman	Walkey & Black %C	Produksi Perpohon (kg)
			X	Y	Altitude				
TB1	Kelurahan Cikoro	Tompobulu	819800	9399751	827	Hapludands	<10 Tahun	2,35	2,0
TB2	Desa Tanete	Tompobulu	816032	9398183	866	Haplustepts	<10 Tahun	2,85	2,0
TB3	Kelurahan Malakaji	Tompobulu	815345	9398568	1.025	Eutrudepts	<10 Tahun	2,66	2,0
BB1	Kelurahan Tonrorita	Biringbulu	807439	9397674	625	Dystrudepts	>10 Tahun	2,45	1,5
BB2	Kelurahan Lauwa	Biringbulu	806449	9398142	652	Dystrudepts	>10 Tahun	2,15	1,5
BL1	Desa Ulujangang	Bonto Lempangan	807425	9399888	677	Dystrudepts	>10 Tahun	0,98	0,5
BL2	Desa Julumatene	Bonto Lempangan	808649	9400520	675	Dystrudepts	>10 Tahun	1,04	0,5
BG1	Desa Mangempang	Bungaya	796464	9409937	435	Dystrudepts	>10 Tahun	2,15	0,5
BG2	Desa Mangempang	Bungaya	797522	9409268	458	Dystrudepts	>10 Tahun	1,00	0,5
TM1	Kelurahan Bonto Lerung (Topidi)	Tinggi Moncong	819338	9414736	1.127	Hapludands	>10 Tahun	0,95	1,5
TM2	Kelurahan Bonto Lerung (Topidi)	Tinggi Moncong	818716	9414825	1.125	Eutrudepts	>10 Tahun	0,87	1,5
TM3	Kelurahan Pattapang	Tinggi Moncong	821093	9419712	1.227	Hapludands	>10 Tahun	0,82	0,5
TP1	Kelurahan Tamaona	Tombolopao	826380	9425843	1.014	Eutrudepts	<10 Tahun	2,35	1,5
TP2	Kelurahan Erelembang	Tombolopao	825802	9425954	1.023	Eutrudepts	<10 Tahun	1,01	1,5

Sumber: Hasil Wawancara dan Analisis Laboratorium Tanah Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, 2024

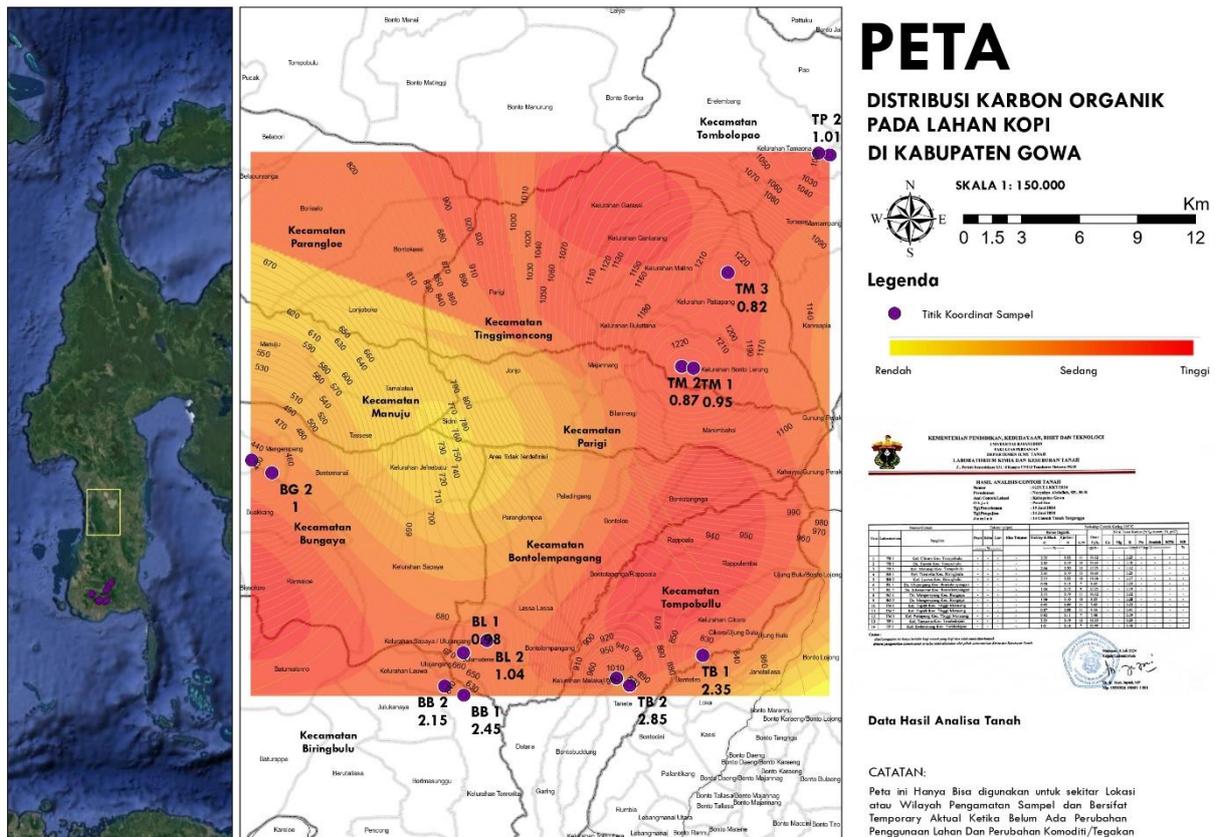
Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi kandungan karbon organik dapat dibagi 3, yakni:

- o **Kandungan karbon organik tinggi:** Sampel di Desa Tanete (TB2) Kecamatan Tompobulu adalah tertinggi yakni 2,85%. Selanjutnya, 2,66% pada Desa Malakaji (TB3), Desa Tonrorita (BB1) Kecamatan Biringbulu 2,45%, Desa Cikoro (TB1) dan Desa Tamaona (TP1) Kecamatan Tombolopao sebesar 2,35%, memiliki kandungan karbon organik yang paling tinggi. Ini mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi pengambilan sampel tersebut kaya akan bahan organik, seperti sisa-sisa tanaman atau bahan organik.
- o **Kandungan karbon organik sedang:** Sampel di Kelurahan Lauwa Kecamatan Biringbulu (BB2), Desa Mangempang Kecamatan Bungaya (BG1) memiliki kandungan karbon organik yang tergolong sedang sebesar 2,15%. Kondisi ini menunjukkan bahwa

tanah pada lokasi pengambilan sampel tersebut memiliki kandungan bahan organik yang cukup, tetapi tidak sebesar pada sampel dengan kadar tinggi.

- o **Kandungan karbon organik rendah:** Sampel BL2, TP2, BL1, BG2, TM1, TM2, TM3 dan BB1 memiliki kandungan karbon organik yang paling rendah. Ini mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi pengambilan sampel tersebut kurang kaya akan bahan organik.

Kandungan karbon tertinggi berada di Desa Tanete (TB2), Kecamatan Tompobulu sebesar 2,85% dengan produksi 2 kg per pohon. Hal ini disebabkan oleh eksistensi tegakan kopi di wilayah ini masih terjaga. Sebaliknya, Kandungan karbon terendah berada pada Kelurahan Pattapang Kecamatan (TM3) Tinggi Moncong sebesar 0,82% dengan umur tanaman >10 Tahun dan produksi 0,5 kg per pohon. Temuan lapangan dan hasil wawancara bahwa dominan penggunaan lahan selama 3 tahun terakhir budidaya kopi di wilayah ini sudah tidak dilakukan. Pertanian hortikultura dan masifnya perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi villa/pemukiman menjadi salah satu penyebab utama. Hal ini juga terjadi di Kecamatan Bungaya, dan Bonto Lempangan. Lebih Jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta distribusi stok karbon pada lahan kopi di Kabupaten Gowa

Saat ini, Kelurahan Bonto Lerung (TM1 dan TM2) yang dikenal dengan penghasil “Kopi Topidi” merupakan wilayah yang masih mempertahankan eksistensi kopi di Kecamatan Tinggi Moncong menunjukkan kandungan karbon secara berturut-turut 0,95% dan 0,87% dengan jumlah produksi per pohon mencapai 1,5 kg. Dari hasil wawancara di lapangan diperoleh bahwa peremajaan pohon kopi dan praktik pertanian terpadu saat ini sementara dilakukan oleh petani kopi di Bonto Lerung. Hal yang sama juga dilakukan para petani kopi di Kelurahan Tamaona (TP1) dan Kelurahan Erelembang (TP2) Kecamatan Tombolopao. Tegakan pohon penaung juga menjadi salah satu faktor yang mampu meningkatkan kandungan karbon organik. Adanya tegakan pohon penaung seperti Gamal (*Gliricidia*) dan dadap (*Erythrina subumbrans*) di lokasi ini dapat meningkatkan potensi penyimpanan karbon di permukaan tanah, baik itu dalam bentuk serasah ataupun dari tegakan kopi itu sendiri. Hal ini sesuai dengan Lestari & Dewi (2023) menyatakan bahwa potensi serasah dalam menyimpan karbon berbanding lurus dengan jumlah serasah yang ada di permukaan tanah. Kemampuan suatu agroekosistem dalam potensi penyerapan karbon menjadi salah satu kontribusi sistem pengelolaan lahan dengan komposisinya. Kontribusi tersebut diketahui dengan adanya kemampuan penyerapan GRK dengan komposisi CO₂ (karbon dioksida) ke dalam jaringan tumbuhan sehingga menekan terjadinya pemanasan global dan perubahan lingkungan. Hasil kajian ini diharapkan sebagai alternatif perhitungan stok karbon yang sejalan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/12/2017 Tentang Tata Cara Pelaksanaan *Reducing Emissions From Deforestation And Forest Degradation, Role Of Conservation, Sustainable Management Of Forest And Enhancement Of Forest Carbon Stocks*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil temuan dan berbagai fenomena serta fakta lapangan, bahwa adanya variasi yang cukup signifikan dalam kandungan karbon di antara berbagai sampel. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki penggunaan lahan berbeda, umur tanaman yang berbeda serta naungan yang berbeda pula. Kandungan karbon tertinggi berada di Desa Tanete, Kecamatan Tompobulu (TB2) sebesar 2,85% dengan produksi 2 kg per pohon. Hal ini disebabkan oleh eksistensi tegakan kopi di wilayah ini masih terjaga. Sebaliknya, kandungan karbon terendah berada pada Kelurahan Pattapang Kecamatan Tinggi Moncong (TM3) sebesar 0,82% dengan umur tanaman >10 Tahun dan produksi 0,5 kg per pohon.

Temuan lapangan dan hasil wawancara bahwa dominan penggunaan lahan selama 3 tahun terakhir budidaya kopi di wilayah ini sudah tidak dilakukan. Pertanian hortikultura dan masifnya perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi villa/pemukiman menjadi salah satu penyebab utama. Diharapkan adanya pedoman adaptasi atas perubahan iklim yang mencakup strategi skema asuransi kopi untuk menyeimbangkan risiko iklim, pengelolaan naungan multistrata yang terdiversifikasi untuk mengelola variabilitas curah hujan musiman dan suhu ekstrem, dan penguatan kelembagaan yakni organisasi masyarakat untuk menghadapi peningkatan resiko pasar terkait resiliensi produksi kopi sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/12/2017 Tentang Tata Cara Pelaksanaan *Reducing Emissions From Deforestation And Forest Degradation, Role Of Conservation, Sustainable Management Of Forest And Enhancement Of Forest Carbon Stocks*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) Kementerian Riset Teknologi Pendidikan Tinggi melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Regular.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2023. Kabupaten Gowa dalam Angka 2022. Kabupaten Gowa. BPS Kabupaten Gowa.
- Badan Pusat Statistik, 2023. Statistik Kopi Indonesia 2022. Katalog 5502004 Volume (7) 2023.
- Bashiri, M., Tjahjono, B., Lazell, J., Ferreira, J., & Perdana, T. (2021). The dynamics of sustainability risks in the global coffee supply chain: A case of Indonesia–UK. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13020589>.
- Bilen, C., El Chami, D., Mereu, V., Trabucco, A., Marras, S., & Spano, D. (2023). A Systematic Review on the Impacts of Climate Change on Coffee Agrosystems. *Plants*, 12(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/plants12010102>.
- Chairuddin, Z., & Abdullah, N. (2023). *Analisis Skalogram: Studi Kasus Pengembangan Kopi Mamasa Berbasis Kesesuaian Lahan dan Sarana Fasilitas Penunjang di Kabupaten Mamasa Scalogram*. 12(1), 86–104. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v12i1.25663>.
- Fontagro, L., Agriculture, F., Adaptation, O. N., Climate, T. O., In, C., America, L., & Caribbean, T. H. E. (2016). *Lessons From Family Agriculture on Adaptation To Climate Change in Latin America and the Caribbean 2015 Competition for Successful Cases*

Impactful Innovations. www.souvenirme.com.

- Hairiah, K., Sonya, D., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S., & van Noordwijk, M. (2011). *Measuring Carbon Stocks Accross Land Use Systems*. www.worldagroforestrycentre.org.
- Hanna, A. N., Mcdonald, J. S., Miller, C. H., & Couri, D. (1989). Pretreatment with paracetamol inhibits metabolism of enflurane in rats. *British Journal of Anaesthesia*, 62(4), 429–433. <https://doi.org/10.1093/bja/62.4.429>.
- Huang, H., Yang, L., Zhang, L., Pu, Y., Yang, C., Wu, Q., Cai, Y., Shen, F., & Zhou, C. (2022). A review on digital mapping of soil carbon in cropland: progress, challenge, and prospect. *Environmental Research Letters*, 17(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca41e>.
- Läderach, P., Ramirez-Villegas, J., Navarro-Racines, C., Zelaya, C., Martinez-Valle, A., & Jarvis, A. (2017). Climate change adaptation of coffee production in space and time. *Climatic Change*, 141(1), 47–62. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1788-9>.
- Lestari, K. W., & Dewi, D. N. (2023). Potensi Simpanan Karbon Pada Beberapa Tipe Agroforestri Berbasis Kopi Robusta Di Desa Rowosari, Jember Carbon Saving Potential in Several Types of Robusta Coffee-Based Agroforestry in Rowosari Village, Jember. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(02), 150–157. <http://db.worldagroforestry.org/wd>.
- Santos, E. P. dos, Moreira, M. C., Fernandes-Filho, E. I., Demattê, J. A. M., Dionizio, E. A., Silva, D. D. da, Cruz, R. R. P., Moura-Bueno, J. M., Santos, U. J. dos, & Costa, M. H. (2023). Sentinel-1 Imagery Used for Estimation of Soil Organic Carbon by Dual-Polarization SAR Vegetation Indices. *Remote Sensing*, 15(23). <https://doi.org/10.3390/rs15235464>.