

STRATEGI PENGELOLAAN KARBON ORGANIK TANAH DALAM MENDUKUNG PRODUKTIVITAS PERTANIAN DAN MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERKELANJUTAN INDONESIA PADA LAHAN TROPIS

STRATEGIES FOR SOIL ORGANIC CARBON MANAGEMENT TO SUPPORT AGRICULTURAL PRODUCTIVITY AND SUSTAINABLE CLIMATE CHANGE MITIGATION ON TROPICAL LANDS IN INDONESIA

Fiqi Amrulloh¹, Bambang Joko Priatmadi¹, Gusti Irya Ichriani¹

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

*Penulis korespondensi: bjpriatmadi@ulm.ac.id

ABSTRACT

Soil organic carbon (SOC) plays a vital role in maintaining soil quality, enhancing agricultural productivity, and supporting climate change mitigation, particularly in tropical regions where high decomposition rates lead to lower soil carbon stocks. Previous studies generally examined management strategies in isolation, limiting a comprehensive understanding of their integrated role in sustainable agriculture. Therefore, this study aims to synthesize existing scientific evidence on SOC management strategies to support agricultural productivity and climate change mitigation in tropical Indonesia. A qualitative literature review approach was employed using secondary data from Google Scholar, focusing on SOC, sustainable agriculture, soil management, agroforestry, biochar, organic fertilizers, and climate change mitigation published between 2020 and 2026. The collected literature was analyzed descriptively through thematic classification, comparison, and synthesis to identify research trends, similarities, differences, and research gaps. The results indicate that SOC management significantly contributes to improving physical, chemical, and biological soil properties, thereby enhancing agricultural productivity and long-term soil health. Strategies such as agroforestry, biochar application, organic fertilizers, sustainable soil and water conservation, and eco-friendly cultivation practices effectively increase SOC stocks, reduce land degradation, and support climate mitigation. Furthermore, integrating these management strategies yields greater ecological and agronomic benefits than applying them separately. Consequently, integrated SOC management should be prioritized as a sustainable approach to strengthen agricultural sector resilience, boost productivity, and support climate change mitigation in tropical farming systems.

Keywords: Soil organic carbon, sustainable agriculture, tropical soils, agricultural productivity, climate change mitigation.

ABSTRAK

Karbon Organik Tanah (KOT) berperan penting dalam menjaga kualitas tanah, meningkatkan produktivitas pertanian, dan memitigasi perubahan iklim, khususnya di wilayah tropis dengan laju dekomposisi tinggi. Penelitian sebelumnya umumnya membahas strategi pengelolaan secara terpisah, sehingga pemahaman komprehensifnya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mensintesis bukti ilmiah mengenai strategi pengelolaan KOT untuk mendukung produktivitas pertanian dan mitigasi perubahan iklim di wilayah tropis Indonesia. Menggunakan pendekatan tinjauan pustaka kualitatif, data sekunder diperoleh dari Google Scholar dengan fokus pada KOT, pertanian berkelanjutan, agroforestri, biochar, pupuk organik, dan mitigasi iklim periode 2020–2026. Literatur dianalisis secara deskriptif melalui klasifikasi tematik dan sintesis. Hasil kajian menunjukkan bahwa pengelolaan KOT berkontribusi signifikan terhadap perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanah jangka panjang. Strategi seperti agroforestri, aplikasi biochar, pupuk organik, konservasi tanah-air, dan budidaya ramah lingkungan terbukti efektif meningkatkan cadangan KOT serta mengurangi degradasi lahan. Sintesis menegaskan bahwa integrasi berbagai strategi tersebut memberikan manfaat ekologis dan agronomis yang lebih besar dibanding penerapan terpisah. Pengelolaan KOT yang terintegrasi perlu diprioritaskan sebagai pendekatan berkelanjutan guna memperkuat ketahanan sektor pertanian, meningkatkan produktivitas, serta mendukung mitigasi perubahan iklim pada sistem pertanian tropis.

Kata kunci: Karbon organik tanah, pertanian berkelanjutan, tanah tropis, produktivitas pertanian, mitigasi perubahan iklim.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peran yang sangat strategis dalam mendukung ketahanan pangan, pertumbuhan ekonomi, pelestarian lingkungan, serta pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Bagi negara tropis seperti Indonesia, kondisi agroklimat yang mendukung, keanekaragaman hayati yang tinggi, serta ketersediaan sumber daya lahan merupakan modal utama dalam menghasilkan berbagai komoditas pertanian sepanjang tahun. Potensi tersebut menjadikan tanah tidak hanya berfungsi sebagai media tumbuh tanaman, tetapi juga sebagai komponen ekosistem yang berperan dalam menjaga keseimbangan siklus air, penyediaan unsur hara, penyimpanan karbon, serta pengendalian perubahan iklim. Oleh karena itu, pengelolaan tanah yang berkelanjutan menjadi salah satu prasyarat utama dalam mewujudkan sistem pertanian yang produktif, tangguh, dan berwawasan lingkungan. Salah satu indikator terpenting dalam menentukan kualitas tanah adalah karbon organik tanah (*soil organic carbon*). Karbon organik tanah berperan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, memperbesar kapasitas tukar kation, menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah, serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman. Kandungan karbon organik yang memadai juga mampu meningkatkan stabilitas agregat tanah sehingga mengurangi risiko erosi dan degradasi lahan. Dengan demikian, karbon organik tanah tidak hanya berfungsi sebagai indikator kesuburan tanah, tetapi juga menjadi komponen penting dalam mendukung produktivitas pertanian sekaligus memperkuat fungsi ekologis tanah sebagai penyerap karbon dari atmosfer.

Perkembangan konsep pertanian berkelanjutan menunjukkan bahwa peningkatan karbon organik tanah harus dilakukan melalui strategi pengelolaan lahan yang mengintegrasikan aspek konservasi, produktivitas, dan keberlanjutan lingkungan. Pengelolaan lahan tidak lagi hanya berorientasi pada peningkatan hasil produksi, tetapi juga diarahkan untuk mempertahankan kualitas tanah melalui konservasi tanah dan air, pengelolaan residu tanaman, penggunaan bahan organik, serta penerapan praktik budidaya yang ramah lingkungan. Menurut Ayu dan Astiko (2025), strategi pengelolaan lahan berkelanjutan mampu mengurangi degradasi lahan melalui pendekatan konservasi tanah dan air sehingga fungsi ekologis tanah tetap terjaga tanpa mengurangi produktivitas pertanian. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pembangunan pertanian tidak hanya ditentukan oleh intensitas produksi, tetapi juga oleh kemampuan menjaga kualitas sumber daya tanah sebagai aset jangka panjang.

Upaya peningkatan karbon organik tanah juga dapat dilakukan melalui penerapan sistem agroforestri. Sistem ini mengintegrasikan tanaman pertanian dengan vegetasi berkayu sehingga mampu meningkatkan akumulasi biomassa, memperbaiki siklus hara, meningkatkan kandungan bahan organik tanah, serta memperbesar cadangan karbon. Selain memberikan manfaat ekologis, agroforestri juga mampu meningkatkan diversifikasi hasil produksi sehingga memberikan nilai ekonomi yang lebih baik bagi petani. Azizu *et al.* (2025) menjelaskan bahwa agroforestri pada lahan gambut mampu menjaga fungsi ekosistem sekaligus meningkatkan daya saing sektor pertanian melalui pendekatan pengelolaan lahan yang ramah lingkungan. Senada dengan itu, Chairel Malelak (2026) menyatakan bahwa penerapan agroforestri pada wilayah tropis dan lahan kering mampu meningkatkan produktivitas lahan, memperbaiki kualitas tanah, serta meningkatkan pendapatan petani melalui pemanfaatan sumber daya secara lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain konservasi dan agroforestri, peningkatan karbon organik tanah memerlukan penerapan teknik pengelolaan kesuburan tanah yang dilakukan secara terpadu. Penggunaan pupuk organik, pengembalian sisa tanaman ke lahan, rotasi tanaman, pengolahan tanah konservatif, serta pemanfaatan amelioran merupakan beberapa strategi yang terbukti mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Menurut Dama (2025), pendekatan terpadu dalam pengelolaan kesuburan tanah tidak hanya meningkatkan ketersediaan unsur hara, tetapi juga memperkuat aktivitas biologis tanah sehingga produktivitas pertanian dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Hal tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan karbon organik tanah tidak bergantung pada satu teknologi tertentu, melainkan pada sinergi berbagai praktik budidaya yang saling mendukung. Dalam konteks perubahan iklim, karbon organik tanah memiliki fungsi yang semakin penting karena tanah merupakan salah satu penyimpan karbon terbesar di ekosistem daratan. Pengelolaan tanah yang mampu meningkatkan cadangan karbon organik akan berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca melalui peningkatan penyerapan karbon (*carbon sequestration*). Oleh sebab itu, strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di sektor pertanian perlu diintegrasikan dengan pengelolaan karbon organik tanah. Gusri (2025) menegaskan

bahwa pendekatan adaptasi dan mitigasi yang diterapkan secara terpadu pada lahan gambut mampu meningkatkan ketahanan lingkungan sekaligus menjaga produktivitas lahan dalam menghadapi perubahan iklim.

Meskipun berbagai strategi tersebut telah banyak dikembangkan, sektor pertanian Indonesia masih menghadapi tantangan yang cukup besar. Kajian berdasarkan Survei Pertanian Terintegrasi (SITASI) tahun 2021 menunjukkan bahwa degradasi lahan berupa erosi, penurunan kesuburan tanah, dan salinitas memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan produksi padi di Indonesia. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa penurunan kualitas tanah masih menjadi salah satu faktor utama yang menghambat keberlanjutan produksi pertanian nasional. Tantangan tersebut semakin kompleks dengan meningkatnya tekanan perubahan iklim terhadap sektor pertanian. Laporan World Bank menunjukkan bahwa sektor pertanian merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca yang signifikan di Indonesia. Budidaya padi menyumbang sekitar 39% emisi sektor pertanian, diikuti oleh pengelolaan tanah organik atau gambut sebesar 20%, fermentasi enterik 12%, dan penggunaan pupuk sintetis 11%. Keempat sumber tersebut secara bersama-sama mencakup sekitar 82% total emisi sektor pertanian Indonesia. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan tanah, khususnya karbon organik tanah, memiliki posisi yang sangat penting dalam mendukung produktivitas pertanian sekaligus menekan emisi gas rumah kaca. Di sisi lain, laporan United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) menunjukkan bahwa Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam menjaga produktivitas lahan dan cadangan karbon organik tanah. Evaluasi terhadap indikator degradasi lahan memperlihatkan masih adanya kawasan pertanian yang mengalami penurunan produktivitas sehingga memerlukan strategi pengelolaan tanah yang lebih adaptif, konservatif, dan berbasis peningkatan karbon organik tanah.

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut dapat dipahami bahwa kajian mengenai konservasi tanah, agroforestri, peningkatan kesuburan tanah, maupun mitigasi perubahan iklim telah berkembang secara cukup luas. Namun, sebagian besar penelitian masih membahas masing-masing aspek tersebut secara terpisah. Hingga saat ini masih terbatas kajian yang secara khusus mensintesis berbagai strategi pengelolaan karbon organik tanah sebagai satu kesatuan konsep dalam mendukung produktivitas pertanian sekaligus mitigasi perubahan iklim pada lahan tropis Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui pendekatan *literature review* untuk mengintegrasikan berbagai temuan ilmiah mengenai strategi pengelolaan karbon organik tanah, mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang masih ada, serta merumuskan rekomendasi pengelolaan tanah yang lebih efektif guna mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan mensintesis berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan strategi pengelolaan karbon organik tanah dalam mendukung produktivitas pertanian serta mitigasi perubahan iklim pada lahan tropis Indonesia. Data penelitian berupa data sekunder yang diperoleh melalui studi kepustakaan dari berbagai sumber ilmiah, seperti artikel jurnal nasional dan internasional, buku ilmiah, serta publikasi resmi yang relevan dengan topik penelitian. Penelusuran literatur dilakukan melalui Google Scholar dengan menggunakan kata kunci “karbon organik tanah”, “soil organic carbon”, “produktivitas pertanian”, “pertanian berkelanjutan”, “mitigasi perubahan iklim”, dan “lahan tropis”. Literatur yang digunakan diprioritaskan merupakan publikasi pada rentang tahun 2020–2026. Namun, beberapa referensi yang diterbitkan sebelum tahun 2020 tetap digunakan apabila memiliki relevansi kuat sebagai landasan teori dan mendukung pembahasan penelitian.

Literatur yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kesesuaian judul, abstrak, dan isi artikel dengan fokus penelitian. Literatur yang relevan dianalisis secara deskriptif melalui proses pengelompokan berdasarkan tema pembahasan, meliputi peran karbon organik tanah terhadap kualitas tanah, strategi pengelolaan karbon organik tanah, pengaruhnya terhadap produktivitas pertanian, serta kontribusinya dalam mitigasi perubahan iklim. Selanjutnya, hasil analisis disusun dalam bentuk matriks sintesis untuk membandingkan fokus kajian, temuan utama, dan implikasi setiap literatur terhadap pengelolaan karbon organik tanah. Untuk memperkuat analisis, penelitian ini menggunakan alat matematis sederhana berupa tabulasi frekuensi dan persentase. Tabulasi frekuensi digunakan untuk mengelompokkan jumlah literatur berdasarkan kategori tema kajian, seperti agroforestri, biochar, pupuk organik, konservasi tanah dan air, praktik budidaya berkelanjutan, serta mitigasi perubahan iklim.

Persentase digunakan untuk mengetahui kecenderungan dominan dari setiap tema dalam literatur yang dianalisis. Rumus persentase yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = (f / N) \times 100\%$$

Keterangan:

P : persentase literatur pada kategori tertentu
f : jumlah literatur dalam kategori tertentu
N : jumlah seluruh literatur yang dianalisis

Hasil perhitungan persentase tersebut digunakan untuk menggambarkan proporsi tema penelitian yang paling banyak dibahas dalam literatur. Dengan demikian, penggunaan alat matematis sederhana ini membantu memperjelas pola temuan literatur, menunjukkan kecenderungan strategi pengelolaan karbon organik tanah yang dominan, serta memperkuat dasar sintesis dalam pembahasan. Hasil analisis tersebut kemudian disintesis untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai perkembangan penelitian, persamaan dan perbedaan hasil penelitian terdahulu, serta kesenjangan penelitian yang masih memerlukan kajian lebih lanjut. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai strategi pengelolaan karbon organik tanah sebagai upaya mendukung produktivitas pertanian dan mitigasi perubahan iklim pada lahan tropis Indonesia..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Strategi Pengelolaan Karbon Organik Tanah dalam Mendukung Produktivitas Pertanian pada Lahan Tropis

Karbon organik tanah (*soil organic carbon*) merupakan salah satu indikator utama dalam menentukan kualitas tanah karena berperan penting dalam menjaga keseimbangan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pada lahan tropis, keberadaan karbon organik tanah menjadi semakin penting mengingat tingginya intensitas pelapukan, curah hujan, serta aktivitas budidaya yang berpotensi mempercepat kehilangan bahan organik apabila pengelolaan lahan tidak dilakukan secara berkelanjutan. Penurunan kandungan karbon organik tanah tidak hanya mengurangi kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara, tetapi juga menurunkan kapasitas tanah dalam menahan air, meningkatkan risiko erosi, serta menghambat aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus hara. Oleh karena itu, peningkatan karbon organik tanah menjadi salah satu strategi utama dalam mempertahankan produktivitas pertanian pada lahan tropis. Secara konseptual, karbon organik tanah merupakan hasil akumulasi bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, akar, serasah, maupun aktivitas organisme tanah yang mengalami proses dekomposisi. Keberadaan karbon organik berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme, memperbaiki pembentukan agregat tanah, meningkatkan porositas, serta memperkuat kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara. Dokumen mengenai C-organik tanah yang dihimpun oleh Kita (n.d.) menjelaskan bahwa karbon organik merupakan salah satu komponen utama yang menentukan tingkat kesuburan tanah sekaligus menjadi indikator kesehatan tanah. Kandungan karbon organik yang memadai akan menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih stabil sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

Peningkatan karbon organik tanah tidak dapat dilepaskan dari penerapan strategi pengelolaan lahan yang berorientasi pada konservasi sumber daya alam. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah sistem agroforestri yang mengintegrasikan tanaman semusim dengan tanaman berkayu dalam satu bentang lahan. Sistem ini mampu meningkatkan akumulasi biomassa, menambah masukan bahan organik ke dalam tanah melalui serasah, serta memperbaiki siklus hara secara alami. Selain memberikan manfaat ekologis, agroforestri juga mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan melalui diversifikasi komoditas yang dihasilkan. Pakaya *et al.* (2025) menunjukkan bahwa penerapan agroforestri berkontribusi terhadap peningkatan kesehatan tanah dan produktivitas pertanian melalui perbaikan kondisi fisik tanah, peningkatan kandungan bahan organik, serta terciptanya lingkungan yang lebih mendukung aktivitas mikroorganisme tanah. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa strategi pengelolaan karbon organik tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas tanah, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi petani melalui peningkatan stabilitas produksi. Selain

agroforestri, pengelolaan karbon organik tanah juga berkaitan erat dengan penerapan praktik pertanian yang mampu mengurangi kehilangan karbon selama proses budidaya. Salah satu strategi yang mulai banyak diterapkan adalah pengelolaan sawah organik yang memadukan penggunaan bahan organik dengan teknik budidaya yang lebih ramah lingkungan. Mumpuni *et al.* (2025) menjelaskan bahwa strategi pengelolaan sawah organik tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil produksi, tetapi juga diarahkan untuk menekan emisi metana sebagai salah satu gas rumah kaca utama pada ekosistem sawah. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan karbon organik tanah memiliki fungsi ganda, yaitu meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus memperbaiki kualitas lingkungan melalui pengurangan emisi dari aktivitas budidaya.

Tabel 1. Sintesis Penelitian Mengenai Strategi Pengelolaan Karbon Organik Tanah dalam Mendukung Produktivitas Pertanian

No.	Peneliti	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Implikasi terhadap Karbon Organik Tanah
1	Harahap et al. (2024)	Pengelolaan risiko iklim sektor pertanian	Adaptasi dan pengelolaan risiko iklim memerlukan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.	Karbon organik tanah menjadi bagian penting dalam meningkatkan ketahanan lahan terhadap perubahan iklim.
2	Kita (n.d.)	Karbon organik tanah	Karbon organik merupakan indikator penting kualitas dan kesehatan tanah.	Peningkatan karbon organik mendukung kesuburan dan produktivitas lahan.
3	Masturi et al. (2021)	Mitigasi dan adaptasi perubahan iklim	Diperlukan sinergi pengelolaan pertanian dan lingkungan.	Pengelolaan karbon organik berkontribusi terhadap pembangunan pertanian berkelanjutan.
4	Mumpuni et al. (2025)	Pengelolaan sawah organik	Praktik budidaya ramah lingkungan mendukung efisiensi produksi dan pengurangan emisi metana.	Pengelolaan bahan organik membantu mempertahankan kualitas tanah dan keberlanjutan produksi.
5	Pakaya et al. (2025)	Sistem agroforestry	Agroforestri meningkatkan kesehatan tanah dan produktivitas pertanian.	Penambahan biomassa dan serasah meningkatkan kandungan karbon organik tanah.

Strategi pengelolaan karbon organik tanah juga menjadi bagian penting dalam upaya adaptasi terhadap perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu, serta meningkatnya frekuensi kejadian cuaca ekstrem menyebabkan produktivitas pertanian menjadi semakin rentan. Dalam kondisi tersebut, tanah yang memiliki kandungan karbon organik lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kelembapan, meningkatkan infiltrasi air, serta menjaga ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Harahap et al. (2024) menjelaskan bahwa pengelolaan risiko iklim pada sektor pertanian memerlukan strategi yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga memperkuat ketahanan sistem pertanian melalui pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Dengan demikian, peningkatan karbon organik tanah dapat dipandang sebagai salah satu bentuk adaptasi yang mampu memperkuat resiliensi lahan terhadap tekanan perubahan iklim. Upaya pengelolaan karbon organik tanah juga harus didukung oleh sinergi antara praktik budidaya, konservasi lingkungan, serta kebijakan pembangunan pertanian. Masturi et al. (2021) menegaskan bahwa sinergi dalam pembangunan pertanian berkelanjutan menjadi faktor penting dalam mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Pengelolaan tanah yang mampu mempertahankan cadangan karbon organik tidak hanya memberikan manfaat bagi peningkatan produktivitas tanaman, tetapi juga memperkuat kapasitas lahan dalam menyerap karbon sehingga berkontribusi terhadap pengurangan

emisi gas rumah kaca. Hal tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan karbon organik tanah tidak dapat dicapai melalui satu teknologi saja, melainkan membutuhkan integrasi berbagai strategi pengelolaan yang saling melengkapi.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut dapat dipahami bahwa setiap strategi memiliki karakteristik dan kontribusi yang berbeda terhadap peningkatan karbon organik tanah. Agroforestri memberikan manfaat yang kuat terhadap akumulasi biomassa dan kesehatan tanah, pengelolaan sawah organik berkontribusi terhadap efisiensi budidaya sekaligus penurunan emisi metana, sedangkan pendekatan adaptasi perubahan iklim menempatkan karbon organik tanah sebagai salah satu komponen penting dalam meningkatkan ketahanan sistem pertanian. Di sisi lain, pemahaman mengenai fungsi karbon organik sebagai indikator kesehatan tanah menjadi dasar dalam menentukan berbagai strategi pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik lahan tropis.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa seluruh penelitian memiliki kesamaan pandangan bahwa pengelolaan karbon organik tanah merupakan fondasi penting dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan pada lahan tropis. Meskipun setiap penelitian menggunakan pendekatan yang berbeda, seluruhnya mengarah pada tujuan yang sama, yaitu mempertahankan kualitas tanah sebagai faktor utama peningkatan produktivitas pertanian. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih membahas strategi pengelolaan secara sektoral, seperti agroforestri, pengelolaan sawah organik, atau adaptasi perubahan iklim secara terpisah. Kajian yang mengintegrasikan berbagai strategi tersebut dalam satu kerangka pengelolaan karbon organik tanah masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif agar pengelolaan karbon organik tanah tidak hanya diposisikan sebagai upaya meningkatkan kesuburan tanah, tetapi juga sebagai strategi terpadu dalam mendukung produktivitas pertanian, meningkatkan ketahanan lahan, serta memperkuat pembangunan pertanian berkelanjutan pada ekosistem tropis Indonesia.

Strategi Pengelolaan Karbon Organik Tanah sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim Berkelanjutan pada Lahan Tropis

Perubahan iklim telah memberikan tekanan yang semakin besar terhadap keberlanjutan sektor pertanian, khususnya di wilayah tropis yang memiliki karakteristik curah hujan tinggi, suhu relatif hangat, dan laju dekomposisi bahan organik yang berlangsung lebih cepat dibandingkan wilayah subtropis. Kondisi tersebut menyebabkan kandungan karbon organik tanah cenderung mengalami penurunan apabila pengelolaan lahan tidak dilakukan secara berkelanjutan. Penurunan karbon organik tanah tidak hanya memengaruhi kualitas tanah dan produktivitas pertanian, tetapi juga mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap serta menyimpan karbon dari atmosfer. Oleh karena itu, berbagai strategi pengelolaan karbon organik tanah mulai dikembangkan sebagai bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim yang mampu memberikan manfaat ekologis sekaligus mendukung keberlanjutan sistem pertanian.

Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir adalah pemanfaatan biochar sebagai pembenah tanah. Biochar merupakan material kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa pada kondisi oksigen terbatas sehingga memiliki stabilitas karbon yang tinggi di dalam tanah. Dibandingkan bahan organik biasa, biochar memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jangka waktu yang lebih lama sehingga berpotensi mengurangi pelepasan karbon ke atmosfer. Selain meningkatkan cadangan karbon organik tanah, penggunaan biochar juga mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, memperbesar kapasitas tukar kation, serta menyediakan habitat yang lebih baik bagi mikroorganisme tanah. Priyadarshini et al. (2025) menjelaskan bahwa biochar tidak hanya berfungsi sebagai teknologi restorasi tanah, tetapi juga menjadi salah satu strategi penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui peningkatan cadangan karbon tanah. Dengan demikian, pemanfaatan biochar memberikan manfaat ganda, yaitu memperbaiki kualitas tanah sekaligus meningkatkan kemampuan lahan dalam menyerap karbon.

Selain biochar, sistem agroforestri juga menjadi strategi yang banyak direkomendasikan dalam pengelolaan karbon organik tanah pada lahan tropis. Integrasi tanaman pertanian dengan tanaman berkayu mampu meningkatkan akumulasi biomassa di atas maupun di bawah permukaan tanah sehingga jumlah serasah yang dihasilkan menjadi lebih besar. Serasah tersebut selanjutnya mengalami proses dekomposisi dan berkontribusi terhadap peningkatan kandungan karbon organik tanah. Di samping fungsi ekologisnya, agroforestri juga memberikan keuntungan ekonomi melalui diversifikasi hasil produksi sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani. Safanah (2026) menyatakan bahwa

pengembangan model agroforestri menjadi salah satu strategi yang efektif dalam mengurangi degradasi lahan, memperkuat fungsi konservasi, serta meningkatkan kesejahteraan petani pada kawasan tropis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan karbon organik tanah melalui agroforestri tidak hanya berorientasi pada penyimpanan karbon, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekonomi masyarakat.

Praktik budidaya yang diterapkan oleh petani juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap dinamika karbon organik tanah. Perbedaan sistem pengolahan tanah, penggunaan pupuk, pengelolaan residu tanaman, maupun pola tanam menyebabkan perubahan kandungan karbon organik yang berbeda pada setiap penggunaan lahan. Susetyo *et al* (2025) menunjukkan bahwa praktik budidaya di berbagai kawasan perkebunan memberikan hubungan yang nyata terhadap kandungan karbon organik tanah. Pengelolaan lahan yang mempertahankan penutup tanah, mengurangi gangguan terhadap permukaan tanah, serta memanfaatkan bahan organik secara optimal cenderung mampu mempertahankan kandungan karbon organik lebih baik dibandingkan sistem budidaya yang mengandalkan pengolahan tanah secara intensif. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan karbon organik tanah tidak hanya dipengaruhi oleh jenis teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh konsistensi penerapan praktik budidaya yang ramah lingkungan.

Keberhasilan peningkatan karbon organik tanah juga memerlukan dukungan melalui penerapan strategi konservasi tanah dan air. Konservasi tanah bertujuan mempertahankan lapisan tanah yang kaya bahan organik agar tidak hilang akibat erosi maupun aliran permukaan. Sementara itu, konservasi air berfungsi menjaga ketersediaan kelembapan tanah sehingga proses dekomposisi bahan organik dan aktivitas mikroorganisme tetap berlangsung secara optimal. Telaumbanua dan Lase (2025) menjelaskan bahwa strategi pengelolaan tanah dan air secara berkelanjutan mampu meningkatkan produktivitas lahan pertanian di daerah tropis melalui penerapan berbagai teknik konservasi yang memperkuat fungsi ekologis tanah. Pendekatan tersebut memberikan manfaat jangka panjang karena mampu mengurangi degradasi lahan sekaligus mempertahankan cadangan karbon organik tanah sebagai bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim. Strategi lainnya yang memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan karbon organik tanah adalah penggunaan pupuk organik. Penambahan pupuk organik secara berkelanjutan mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, serta memperbesar kemampuan tanah dalam menyimpan karbon. Dibandingkan penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus, aplikasi pupuk organik memberikan manfaat yang lebih luas terhadap kesehatan tanah karena mampu memperbaiki berbagai sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara bersamaan. Wihardjaka (2021) menjelaskan bahwa penggunaan pupuk organik pada sistem budidaya padi sawah ramah lingkungan mampu meningkatkan kualitas tanah sekaligus mendukung peningkatan cadangan karbon tanah. Dengan demikian, pupuk organik tidak hanya berfungsi sebagai sumber unsur hara, tetapi juga menjadi salah satu strategi penting dalam membangun sistem pertanian rendah emisi. Berbagai strategi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan karbon organik tanah memiliki karakteristik yang saling melengkapi. Biochar berperan dalam meningkatkan stabilitas karbon jangka panjang, agroforestri memperbesar akumulasi biomassa dan serasah, praktik budidaya ramah lingkungan mempertahankan karbon yang telah tersimpan di dalam tanah, konservasi tanah dan air mengurangi kehilangan karbon akibat degradasi lahan, sedangkan pupuk organik meningkatkan pasokan bahan organik sebagai sumber pembentukan karbon organik baru. Integrasi kelima strategi tersebut berpotensi menghasilkan sistem pengelolaan lahan yang lebih efektif dibandingkan penerapan satu strategi secara terpisah.

Berdasarkan hasil sintesis, seluruh penelitian menunjukkan bahwa peningkatan karbon organik tanah merupakan salah satu pendekatan yang efektif dalam mendukung mitigasi perubahan iklim pada sektor pertanian. Meskipun masing-masing penelitian menawarkan strategi yang berbeda, seluruhnya memiliki tujuan yang sama, yaitu meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan karbon sekaligus memperbaiki kualitas lahan. Biochar lebih menekankan pada stabilisasi karbon, agroforestri berfokus pada peningkatan biomassa dan konservasi lahan, praktik budidaya berkelanjutan mempertahankan keseimbangan karbon organik tanah, konservasi tanah dan air mengurangi kehilangan karbon akibat degradasi, sedangkan pupuk organik meningkatkan akumulasi bahan organik sebagai sumber pembentukan karbon tanah.

Meskipun demikian, hasil kajian juga menunjukkan bahwa penelitian-penelitian tersebut masih banyak membahas setiap strategi secara terpisah. Belum banyak kajian yang mengintegrasikan biochar, agroforestri, konservasi tanah dan air, praktik budidaya, serta penggunaan pupuk organik dalam satu

kerangka pengelolaan karbon organik tanah yang komprehensif pada lahan tropis Indonesia. Padahal, karakteristik lahan tropis yang sangat beragam memerlukan pendekatan pengelolaan yang terpadu agar manfaat peningkatan karbon organik tanah dapat dirasakan secara optimal, baik dalam meningkatkan kualitas tanah, mendukung produktivitas pertanian, maupun memperkuat upaya mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, pengembangan strategi pengelolaan karbon organik tanah pada masa mendatang perlu diarahkan pada integrasi berbagai teknologi dan praktik budidaya yang adaptif terhadap kondisi biofisik serta sosial ekonomi masyarakat sehingga mampu mewujudkan sistem pertanian tropis yang produktif, tangguh, dan berkelanjutan.

Tabel 2. Sintesis Penelitian Mengenai Strategi Pengelolaan Karbon Organik Tanah sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim

No.	Peneliti	Strategi Pengelolaan	Temuan Utama	Kontribusi terhadap Mitigasi Perubahan Iklim
1	Priyadarshini <i>et al.</i> (2025)	Pemanfaatan biochar	Biochar meningkatkan kualitas tanah dan menyimpan karbon dalam jangka panjang.	Meningkatkan cadangan karbon tanah dan mendukung restorasi lahan.
2	Safanah (2026)	Agroforestri	Agroforestri memperbaiki kualitas lahan dan meningkatkan pendapatan petani.	Menambah biomassa serta meningkatkan penyerapan karbon pada lahan tropis.
3	Susetyo <i>et al.</i> (2025)	Praktik budidaya	Sistem budidaya memengaruhi kandungan karbon organik tanah pada berbagai penggunaan lahan.	Praktik budidaya berkelanjutan membantu mempertahankan cadangan karbon tanah.
4	Telaumbanua & Lase (2025)	Konservasi tanah dan air	Pengelolaan tanah dan air meningkatkan kualitas lahan serta produktivitas pertanian.	Mengurangi degradasi lahan dan mempertahankan karbon organik tanah.
5	Wihardjaka (2021)	Pupuk organik	Pupuk organik memperbaiki kualitas tanah pada sistem budidaya padi sawah ramah lingkungan.	Meningkatkan bahan organik tanah dan mendukung sistem pertanian rendah emisi.

KESIMPULAN

Pengelolaan karbon organik tanah (KOT) merupakan elemen fundamental dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan di lahan tropis. Praktik seperti agroforestri, penggunaan pupuk organik, aplikasi *biochar*, konservasi tanah dan air, serta budidaya ramah lingkungan terbukti saling melengkapi dalam meningkatkan kandungan KOT, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta memperkuat ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim. Meskipun setiap strategi memiliki keunggulan spesifik, efektivitasnya akan jauh lebih optimal apabila diterapkan secara terpadu. Pendekatan terintegrasi ini tidak hanya mampu mendongkrak produktivitas dan kesehatan tanah secara jangka panjang, tetapi juga memperkuat kontribusi sektor pertanian dalam mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan model pengelolaan KOT ke depan perlu diarahkan secara komprehensif dengan mempertimbangkan aspek teknologi, karakteristik biofisik lahan, dan kapasitas petani guna mendukung pembangunan pertanian nasional yang tangguh dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, C., & Astiko, W. 2025. *Strategi pengelolaan lahan berkelanjutan dalam upaya mengurangi degradasi lahan tanaman pangan di Indonesia: Pendekatan konservasi tanah dan air*. Agroteksos. <https://agroteksos.unram.ac.id>
- Azizu, M. N., Mahardika, R. Y., Afner, D. D. P., Al Hadji, T., Sari, N. I., Adha, A., & Iksan, A. N. 2025. Pertanian organik dengan agroforestri: strategi pengelolaan lahan gambut yang ramah lingkungan dan berdaya saing. *Jurnal Abdi Insani*, 12(10): 5317-5325.
- Chairel Malelak, S. P. 2026. *Agroforestri berkelanjutan di wilayah kering: Strategi lestari untuk lahan kering dan peningkatan pendapatan petani*. Google Books.
- Dama, O. 2025. *Pendekatan terpadu dalam teknik peningkatan kesuburan tanah untuk pertanian berkelanjutan*. AGROISTA: Jurnal Agroteknologi. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id>
- Gusri, L. (2025). *Strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di lahan gambut: Pendekatan terintegrasi untuk ketahanan lingkungan*. Jurnal Ilmiah Nusantara. <https://ejurnal.kampusakademik.co.id>
- Harahap, L. M., Manurung, Y. I. B., Situngkir, J. B., & Simanungkalit, N. A. (2024). Pengelolaan Risiko Iklim Dalam Sektor Pertanian: Strategi Dan Implementasi. *Jurnal Ilmu Manajemen, Bisnis dan Ekonomi (JIMBE)*, 1(6), 117-126.
- Kita, J. K. B. K. (n.d.). *C-Organik tanah*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net>
- Masturi, H., Hasanawi, A., & Hasanawi, A. 2021. *Sinergi dalam pertanian Indonesia untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim*. Jurnal Inovasi Penelitian. <https://www.academia.edu>
- Mumpuni, R. P., Pratama, A. J., Nurulhaq, M. I., Dewi, R. K., Wiraguna, E., Situmeang, W. H., ... & Mardisiwi, R. S. (2025). Strategi Penurunan Emisi Metana Pada Padi Sawah Organik Sebagai Upaya Optimalisasi Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 12(1): 38.
- Pakaya, P., Baderan, D. W. K., & Hamidun, M. S. 2025. Efektivitas sistem agroforestri dalam meningkatkan kesehatan tanah dan produktivitas pertanian. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(2): 12-27.
- Priyadarshini, R., Wijayanti, F., Lestari, S. R., Hamzah, A., & Wiyatiningsi, S. *Biochar: Mitigasi Perubahan Iklim dan Restorasi Tanah-Jejak Pustaka*. Jejak Pustaka.
- Safanah, S. 2026. *Pengembangan model agroforestri untuk mitigasi degradasi lahan dan peningkatan pendapatan petani di daerah tropis*. Jurnal Pertanian dan Teknologi Pangan. <https://publikasi.feliciajurnal.com>
- Susetyo, Y. A., Sigar, A. D., Simanjuntak, B. H., Setiawan, A. W., & Banjarnahor, D. 2025. Hubungan Praktik Budidaya di Berbagai Perkebunan di Sub-Daerah Aliran Sungai Tuntang Provinsi Jawa Tengah terhadap Karbon Organik Tanah. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 28(2): 150-165.
- Telaumbanua, I. V., & Lase, N. K. 2025. *Strategi pengelolaan tanah dan air secara berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian di daerah tropis*. Jurnal Agroteknologi. <https://jamp-jurnal.unmerpas.ac.id>
- Wihardjaka, A. 2021. *Dukungan pupuk organik untuk memperbaiki kualitas tanah pada pengelolaan padi sawah ramah lingkungan*. Jurnal Pangan. <https://jurnalpangan.com>