

LITERATURE REVIEW: INTEGRATING AGRICULTURAL PRACTICES AND ECOSYSTEM CONSERVATION FOR CARBON EMISSION MITIGATION

*Tinjauan Literatur:
Integrasi Praktik
Pertanian dan
Konservasi Ekosistem
Untuk Mitigasi Emisi
Karbon*

 **Junivia Virginia Jermias**
1*)

 **Melisa P. Todingan**¹⁾

¹⁾ Program Studi
Agroteknologi, Fakultas
Pertanian, Universitas Sam
Ratulangi, Kota Manado, Kode
Pos 95115

 *Corresponding author:
juniviajermias@gmail.com

Abstract

Climate change driven by increasing greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide (CO₂), requires sustainable land-based mitigation strategies. This study aims to review the literature on the integration of sustainable agricultural practices and ecosystem conservation in supporting carbon emission mitigation and food security. The research employed a systematic literature review method, analyzing scientific publications, reports from international organizations, and findings from FAO, IPCC, and Wageningen University & Research (WUR). The review indicates that sustainable agricultural practices such as cover cropping, crop rotation, no-tillage, and the application of organic amendments can enhance soil organic carbon (SOC) while reducing greenhouse gas emissions from agricultural lands. Furthermore, ecosystem conservation efforts, including the protection of tropical forests and mangroves, serve as natural carbon sinks with significant carbon storage potential. The integration of these approaches through the climate-smart agriculture framework has been shown to mitigate carbon emissions while improving agricultural productivity and ecosystem resilience. This study concludes that implementing climate-friendly agricultural practices combined with ecosystem conservation, supported by policies such as carbon credits and Payment for Ecosystem Services (PES), is crucial to achieving Net Zero Emissions in a sustainable manner.

Keywords: sustainable agriculture, ecosystem conservation, carbon sequestration, climate change, climate-smart agriculture

Abstrak

Perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), menuntut adanya strategi mitigasi berbasis lahan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau literatur terkait integrasi praktik pertanian berkelanjutan dengan konservasi ekosistem dalam mendukung mitigasi

emisi karbon dan ketahanan pangan. Metode penelitian yang digunakan adalah *systematic literature review* terhadap publikasi ilmiah, laporan lembaga internasional, serta hasil penelitian dari FAO, IPCC, dan Wageningen University & Research (WUR). Hasil tinjauan menunjukkan bahwa praktik pertanian berkelanjutan seperti *cover cropping*, rotasi tanaman, *no-tillage*, dan penggunaan pupuk organik mampu meningkatkan *soil organic carbon* (SOC) serta mengurangi emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian. Sementara itu, konservasi ekosistem seperti hutan tropis dan mangrove berperan sebagai penyerap karbon alami (*carbon sink*) dengan potensi penyimpanan karbon yang tinggi. Integrasi keduanya melalui konsep *climate-smart agriculture* terbukti tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga meningkatkan produktivitas pertanian dan ketahanan ekosistem. Studi ini menyimpulkan bahwa penerapan praktik pertanian ramah iklim dan konservasi ekosistem, yang didukung oleh kebijakan *carbon credit* dan *Payment for Ecosystem Services (PES)*, menjadi kunci dalam mencapai target Net Zero Emission secara berkelanjutan.

Kata Kunci: pertanian berkelanjutan, konservasi ekosistem, sekuestrasi karbon, perubahan iklim, *climate-smart agriculture*

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan lingkungan terbesar yang dihadapi dunia saat ini, dengan emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂), sebagai penyumbang utama pemanasan global (IPCC, 2021). Sektor pertanian memiliki peran ganda dalam isu ini: di satu sisi, pertanian menjadi penyumbang signifikan emisi karbon melalui aktivitas seperti pengolahan lahan, penggunaan pupuk kimia, dan konversi lahan; di sisi lain, sektor ini juga memiliki potensi besar dalam menyerap karbon melalui praktik ramah lingkungan yang mengoptimalkan sekuestrasi karbon tanah dan vegetasi (Lal, 2004).

Integrasi antara praktik pertanian berkelanjutan dan konservasi ekosistem merupakan salah satu pendekatan penting untuk mengurangi emisi karbon. Praktik seperti agroforestri, pertanian konservasi, dan pemulihan ekosistem lahan basah dapat meningkatkan cadangan karbon tanah sekaligus menjaga keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem (Smith et al., 2014). Selain itu, strategi pertanian cerdas iklim (*climate-smart agriculture*) mendorong petani untuk mengadopsi teknik produksi yang tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi jejak karbon (FAO, 2013).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur sistematis. Pendekatan ini dipilih karena dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang tren, kesenjangan, dan efektivitas integrasi praktik pertanian dan konservasi ekosistem dalam mengurangi emisi karbon. Sumber data berupa publikasi ilmiah yang relevan, meliputi:

1. Jurnal internasional (misalnya ScienceDirect, SpringerLink, Scopus, Web of Science)
2. Laporan organisasi internasional seperti FAO, IPCC, dan UNFCCC
3. Buku akademik dan prosiding konferensi yang berkaitan dengan pertanian, konservasi ekosistem, dan mitigasi perubahan iklim

Prosedur Penelitian

1. Mengidentifikasi semua literatur publikasi yang relevan sesuai kriteria.
2. Melakukan Seleksi literatur berdasarkan judul, abstrak, dan kesesuaian topik.
3. Mengambil informasi penting seperti tujuan penelitian, metode, hasil utama, dan rekomendasi.
4. Menggunakan pendekatan sintesis tematik untuk menemukan pola, tren, dan kesenjangan penelitian.
5. Menyusun hasil dengan menyajikan temuan dalam bentuk tabel, diagram, dan narasi deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi praktik pertanian berkelanjutan dan konservasi ekosistem memiliki dampak signifikan dalam mengurangi emisi karbon dan meningkatkan sequestrasi karbon di tanah serta biomassa. Beberapa temuan utama

antara lain dengan penelitian sebelumnya, dan menjawab tujuan penelitian.

Praktik Pertanian Berkelanjutan dan Sekuestrasi Karbon

Pertanian berkelanjutan tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas pangan, tetapi juga memiliki peran strategis dalam mitigasi perubahan iklim melalui sequestrasi karbon di tanah dan vegetasi. Sistem pertanian konvensional yang mengandalkan input tinggi seperti pupuk sintetis dan pengolahan tanah intensif sering kali meningkatkan emisi karbon dioksida (CO₂) dan *nitrous oxide* (N₂O) ke atmosfer (Lal, 2004). Sebaliknya, praktik pertanian berkelanjutan seperti *cover cropping*, *no-tillage*, rotasi tanaman, dan penggunaan bahan organik mampu meningkatkan *soil organic carbon* (SOC) serta memperbaiki kualitas tanah dalam jangka panjang (Smith et al., 2014).

Penelitian oleh Lal (2004) menunjukkan bahwa praktik seperti *no-tillage*, penanaman tanaman penutup (*cover crops*), dan pengelolaan residu tanaman dapat meningkatkan kandungan karbon organik tanah hingga 0,3–1,0 ton C/ha/tahun. Dengan pengelolaan berkelanjutan, tanah pertanian dapat menjadi penyerap karbon jangka panjang sekaligus meningkatkan produktivitas lahan. Selain itu menurut Studi WUR (Wageningen University and Research) (2020) menunjukkan bahwa pengelolaan tanah berkelanjutan seperti *cover cropping*, rotasi tanaman, dan pengurangan penggunaan pupuk kimia mampu meningkatkan *soil organic carbon* (SOC) serta mengurangi emisi N₂O dari lahan pertanian. Penelitian lain oleh WUR & CGIAR (2021) menyimpulkan bahwa praktik CSA (*Climate Smart Agriculture*) di Asia dan Afrika dapat meningkatkan

produktivitas lahan hingga 20% sekaligus mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 30–40%.

Agroforestri dalam Mitigasi Emisi Karbon

Praktik agroforestri dan integrasi lahan telah lama diakui sebagai salah satu pendekatan *nature-based solutions* yang efektif dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan degradasi lahan. Sistem ini mengombinasikan tanaman pertanian, pohon, dan/atau peternakan dalam satu lanskap untuk memaksimalkan produktivitas lahan, sekaligus meningkatkan penyimpanan karbon baik di atas permukaan tanah (biomassa) maupun di bawah permukaan tanah (karbon tanah).

Menurut Verchot et al. (2018), agroforestri dapat menyerap karbon hingga 2–4 ton C/ha/tahun di daerah tropis, sekaligus meningkatkan keanekaragaman hayati dan resiliensi pertanian terhadap perubahan iklim. Sistem agroforestri, yang mengintegrasikan pohon dengan tanaman pangan, berkontribusi besar dalam menyimpan karbon di biomassa pohon dan tanah. Rata-rata sequestrasi karbon dari sistem agroforestri di daerah tropis mencapai 1,5–3,5 ton C/ha/tahun, menjadikannya salah satu solusi berbasis alam (*nature-based solution*) untuk mitigasi perubahan iklim (Nair & Garrity 2012).

Konservasi Ekosistem Alami sebagai penyerap karbon

Menurut Griscom et al. (2017), konservasi ekosistem alami seperti hutan tropis, lahan basah, dan mangrove mampu mengurangi emisi karbon hingga 11,3 Gt CO₂ per tahun jika dikelola dengan baik. Mangrove, misalnya, memiliki cadangan karbon tiga hingga lima kali lebih tinggi

daripada hutan terestrial. Hal ini menunjukkan pentingnya perlindungan ekosistem untuk menghindari emisi dari deforestasi dan degradasi lahan.

Donato et al. (2011) menemukan bahwa hutan mangrove di Asia Tenggara menyimpan karbon hingga 1.023 Mg C/ha, jauh lebih tinggi daripada hutan tropis daratan.

Studi yang dilakukan oleh Smith et al. (2014) dalam laporan IPCC menyimpulkan bahwa integrasi praktik pertanian cerdas iklim (*climate-smart agriculture*) dengan konservasi ekosistem dapat memberikan manfaat ganda: mengurangi emisi, meningkatkan ketahanan pangan, dan mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Pendekatan ini membantu petani mengadopsi teknologi ramah iklim sekaligus menjaga kualitas lingkungan.

Meskipun manfaatnya signifikan, beberapa penelitian seperti Altieri et al. (2015) mencatat adanya hambatan dalam adopsi praktik ini, antara lain keterbatasan modal, kurangnya pengetahuan teknis, dan lemahnya dukungan kebijakan. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan insentif seperti pembayaran jasa lingkungan (*payment for ecosystem services*) dan pendanaan hijau untuk memperluas implementasi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan literatur, integrasi praktik pertanian berkelanjutan dengan konservasi ekosistem terbukti memiliki potensi signifikan dalam mitigasi emisi karbon dan mendukung ketahanan pangan jangka panjang. Praktik seperti *conservation agriculture*, *cover cropping*, rotasi tanaman, *no-tillage*, serta agroforestri dapat meningkatkan penyimpanan karbon di tanah dan biomassa, mengurangi degradasi lahan, serta memperbaiki kualitas ekosistem (Lal, 2004; Smith et al., 2014).

Integrasi Praktik Pertanian dan Praktik Konservasi

Studi oleh Smith et al. (2014) dalam laporan IPCC menyimpulkan bahwa integrasi praktik pertanian cerdas iklim (*climate-smart agriculture*) dengan konservasi ekosistem dapat memberikan manfaat ganda: mengurangi emisi, meningkatkan ketahanan pangan, dan mendukung konservasi keanekaragaman hayati. Pendekatan ini membantu petani mengadopsi teknologi ramah iklim sekaligus menjaga kualitas lingkungan.

Pendekatan integratif seperti *climate-smart agriculture* dan agroforestri tidak hanya membantu mitigasi emisi, tetapi juga meningkatkan ketahanan pangan, konservasi tanah, dan keanekaragaman hayati (FAO, 2013). Ini penting untuk mendukung keberlanjutan ekonomi dan ekologi di wilayah pedesaan. Hasil penelitian dari Wageningen University & Research (WUR, 2020) dan laporan IPCC (2019) menunjukkan bahwa pendekatan *climate-smart agriculture* yang memadukan produktivitas pangan, mitigasi emisi, dan adaptasi iklim menjadi strategi yang efektif untuk mencapai target *Net Zero Emission* di sektor pertanian dan penggunaan lahan. Selain itu, konservasi ekosistem alami seperti hutan dan mangrove yang dikenal sebagai penyimpan karbon berperan penting dalam memperlambat laju perubahan iklim (Alongi et al., 2020).

Dengan demikian, diperlukan kebijakan yang mendorong adopsi praktik pertanian ramah iklim, restorasi ekosistem, serta dukungan ekonomi melalui mekanisme *carbon credit* dan *Payment for Ecosystem Services* (PES) untuk memastikan manfaat lingkungan, sosial, dan ekonomi dapat terwujud secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). *Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems*. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890.
- Griscom, B. W., et al. (2017). *Natural climate solutions*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645–11650.
- UNFCCC. (2015). *The Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). *Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems*. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., et al. (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics*. *Nature Geoscience*, 4(5), 293–297.
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Griscom, B. W., et al. (2017). *Natural climate solutions*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645–11650.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Lal, R. (2004). *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. *Science*, 304(5677), 1623–1627.
- Lal, R. (2020). *Soil organic carbon sequestration for sustainable agriculture*. *Agronomy Journal*, 112(5), 3265–3278.

- Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L., & Bustamante, M. (2014). *Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 6, 8–14.
- Nair, P. K. R., & Garrity, D. P. (2012). *Agroforestry - The Future of Global Land Use*. Springer.
- Poeplau, C., & Don, A. (2015). *Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 200, 33–41.
- Smith, P., et al. (2014). *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press.
- Thornton, P. K., & Herrero, M. (2010). *Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics*. PNAS, 107(46), 19667–19672.