

Peran Ilmu Ekologi, Agroforestri, dan Konservasi Hayati dalam Menjaga Stabilitas Ekosistem: Review

The Role of Ecology, Agroforestry, and Biodiversity Conservation in Maintaining Ecosystem Stability: A Review

Fitriyah ^{a,1,*}

^a Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, 60294

¹ fitri.fitriyah0201@gmail.com*

* corresponding author

INFO ARTIKEL

ABSTRACT / ABSTRAK

Sejarah Artikel

Diterima:

28 Desember 2025

Direvisi:

17 Juli 2026

Terbit:

19 Juli 2026

Degradasi lingkungan dan ketidakseimbangan ekosistem menjadi permasalahan global akibat meningkatnya tekanan antropogenik, seperti deforestasi, alih fungsi lahan, pertanian intensif, dan perubahan iklim. Artikel ini bertujuan mengkaji peran ilmu ekologi dalam memahami dinamika ekosistem, menjelaskan kontribusi agroforestri terhadap stabilitas ekologi, serta mengidentifikasi pentingnya konservasi hayati dalam menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem. Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan menelaah 60 publikasi ilmiah yang diterbitkan pada rentang tahun 2015–2026 dan diperoleh dari Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, serta SpringerLink. Data dianalisis secara deskriptif-analitis melalui pendekatan kualitatif. Hasil kajian menunjukkan bahwa agroforestri mampu meningkatkan cadangan karbon rata-rata sebesar 46,1 Mg C ha⁻¹ dibandingkan lahan pertanian tanpa pohon serta mempertahankan penurunan karbon organik tanah hanya sekitar 8–20%, sedangkan pada lahan tanpa pohon penurunannya mencapai lebih dari 40%. Selain itu, integrasi ilmu ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati terbukti mendukung peningkatan kualitas tanah, pelestarian keanekaragaman hayati, serta keberlanjutan fungsi ekosistem. Dengan demikian, sinergi ketiga komponen tersebut merupakan pendekatan yang efektif dalam menjaga stabilitas ekosistem dan mendukung pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan.

Environmental degradation and ecosystem instability have become major global challenges driven by anthropogenic pressures, including deforestation, land-use change, intensive agriculture, and climate change. This review aimed to examine the role of ecology in understanding ecosystem dynamics, explain the contribution of agroforestry to ecological stability, and identify the importance of biodiversity conservation in sustaining ecosystem functions. A literature review method was employed by analyzing 60 scientific publications published between 2015 and 2026, retrieved from Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, and SpringerLink. The collected data were analyzed using a descriptive-analytical qualitative approach. The review revealed that agroforestry increased carbon stocks by an average of 46.1 Mg C ha⁻¹ compared with treeless agricultural systems and limited the decline of soil organic carbon to approximately 8–20%, whereas treeless systems experienced reductions exceeding 40%. Furthermore, the integration of ecology, agroforestry, and biodiversity conservation contributes to improved soil quality, biodiversity preservation, and the maintenance of ecosystem functions. These findings demonstrate that integrating the three components provides an effective strategy for maintaining ecosystem stability and supporting sustainable natural resource management.

This is an open access article under the CC–BY license.



Kata Kunci: Ekologi, Agroforestri, Konservasi Hayati, Stabilitas Ekosistem, Pertanian Berkelanjutan

Keywords: Ecology, Agroforestry, Biodiversity Conservation, Ecosystem Stability, Sustainable Agriculture

1. Pendahuluan

Keseimbangan ekosistem merupakan fondasi utama bagi keberlangsungan kehidupan di bumi. Seluruh organisme saling terhubung melalui rantai makanan, siklus materi, dan interaksi ekologis yang kompleks. Hubungan timbal balik tersebut memungkinkan ekosistem menjalankan berbagai fungsi ekologis yang mendukung kehidupan manusia maupun makhluk hidup lainnya. Apabila keseimbangan ini terganggu, kemampuan ekosistem dalam mempertahankan stabilitas dan produktivitasnya akan mengalami penurunan. Stabilitas ekosistem menjadi faktor penting dalam menjaga fungsi lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam di bumi.

Beberapa dekade terakhir ekosistem mengalami gangguan serius yang mempengaruhi lingkungan. Aktivitas manusia seperti deforestasi, degradasi lahan, industrialisasi, urbanisasi, dan penggunaan bahan kimia berlebihan dalam pertanian. Kondisi ini menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, terganggunya fungsi ekologis, meningkatnya emisi karbon, serta penurunan kapasitas ekosistem dalam menyediakan layanan alam seperti air bersih, penyerbukan, dan regulasi iklim (Raven, 2020). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan ilmiah yang terintegrasi untuk memahami dinamika kerusakan lingkungan dan merancang strategi pengelolaan yang efektif.

Ilmu ekologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungan biotik dan abiotiknya serta proses yang membentuk struktur dan fungsi ekosistem. Pemahaman terhadap prinsip-prinsip ekologi menjadi landasan penting dalam mengidentifikasi penyebab degradasi lingkungan, mengevaluasi perubahan ekosistem, dan merancang strategi pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Selain itu, pendekatan ekologi berperan dalam mendukung upaya mitigasi perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan restorasi ekosistem sehingga mampu meningkatkan stabilitas ekosistem di tengah tekanan aktivitas manusia dan perubahan iklim (Pörtner *et al.*, 2021).

Salah satu strategi berbasis ilmu ekologi yang terbukti efektif memelihara stabilitas ekosistem adalah agroforestri. Sistem agroforestri menggabungkan tanaman tahunan seperti pohon dengan aktivitas pertanian sehingga menciptakan ekosistem pertanian yang lebih beragam, produktif, dan berkelanjutan dibandingkan sistem monokultur intensif (Meerbeek *et al.*, 2021). Di Indonesia, penelitian Hayyun *et al.* (2018) menunjukkan bahwa agroforestri kopi mampu meningkatkan layanan ekosistem melalui peningkatan kualitas tanah, pelestarian habitat mikroorganisme, serta peningkatan cadangan karbon pada vegetasi. Hasil tersebut diperkuat oleh Hairiah *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa sistem agroforestri di Indonesia mampu mempertahankan cadangan karbon tanah selama transisi penggunaan lahan, sehingga berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Selain itu, Sari *et al.* (2020) menunjukkan bahwa agroforestri kakao di Sulawesi Tenggara mampu menjaga keanekaragaman pohon sekaligus meningkatkan penyimpanan karbon, sehingga mendukung keberlanjutan fungsi ekosistem. Berbagai temuan tersebut menunjukkan bahwa agroforestri bukan hanya metode budidaya, tetapi juga strategi konservasi yang efektif dalam konteks pengelolaan sumber daya alam di Indonesia.

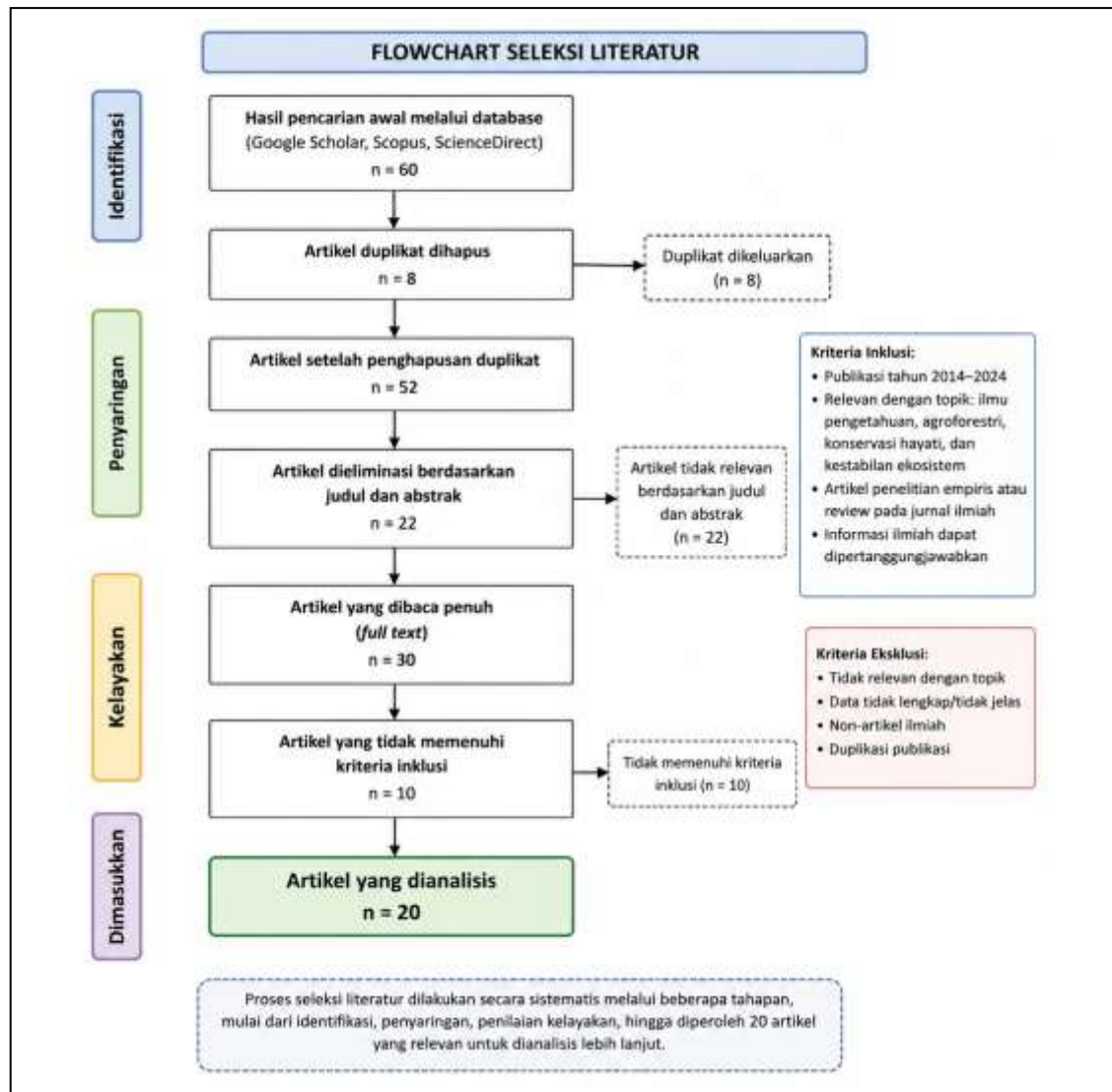
Konservasi keanekaragaman hayati merupakan komponen penting dalam menjaga stabilitas ekosistem karena tidak hanya mendukung keberlangsungan organisme, tetapi juga memastikan keberlanjutan fungsi ekologis seperti penyerbukan, siklus nutrisi, dan pengendalian hama alami (Rizkawati, 2021). Ekosistem dengan tingkat biodiversitas yang tinggi juga terbukti lebih tahan terhadap tekanan lingkungan, termasuk perubahan iklim dan invasi spesies asing (Tamburino *et al.*, 2021), sehingga perlindungan biodiversitas menjadi prioritas dalam kebijakan lingkungan modern. Berdasarkan hal tersebut, integrasi ilmu ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati menawarkan pendekatan komprehensif dalam menjaga stabilitas ekosistem dan mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan yang dapat diterapkan pada berbagai skala, mulai dari masyarakat lokal hingga kebijakan nasional dan global, dengan fokus pada peran ilmu pengetahuan dalam memahami dinamika ekosistem, agroforestri sebagai sistem pertanian berkelanjutan, serta konservasi hayati dalam menjaga fungsi dan layanan ekosistem.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Metode ini bertujuan untuk mengumpulkan, mengkaji, dan mensintesis berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan peran ilmu ekologi dalam menjaga kestabilan ekosistem, penerapan agroforestri, serta konservasi hayati sebagai strategi pengelolaan lingkungan berkelanjutan. Analisis dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi temuan-temuan empiris, membandingkan hasil penelitian, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah yang tersedia.

Proses penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah, yaitu Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect. Pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, antara lain *ecosystem stability*, *ecosystem conservation*, *agroforestry*, *biodiversity conservation*, *carbon sequestration*, *agroforestry*, ekologi, konservasi hayati, keanekaragaman hayati, dan kestabilan ekosistem. Literatur yang digunakan merupakan artikel ilmiah, buku, serta dokumen resmi dari lembaga nasional maupun internasional yang relevan dengan topik penelitian.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi: (1) publikasi yang diterbitkan pada rentang tahun 2014–2026; (2) artikel yang membahas hubungan antara ilmu pengetahuan, agroforestri, konservasi hayati, dan kestabilan ekosistem; (3) artikel penelitian empiris maupun artikel tinjauan (*review article*) yang dipublikasikan pada jurnal ilmiah bereputasi; serta (4) literatur yang menyediakan informasi ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan fokus penelitian, artikel dengan data yang tidak lengkap, publikasi non ilmiah, serta artikel duplikat yang diperoleh dari lebih dari satu basis data.



Gambar 1. Flowcard seleksi literature

Hasil penelusuran awal memperoleh 60 publikasi. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan kesesuaian judul, abstrak, isi artikel, serta penghapusan dokumen duplikat, diperoleh 20 referensi utama yang digunakan dalam proses analisis. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif-analitis melalui proses reduksi data, pengelompokan berdasarkan tema, interpretasi hasil penelitian, serta penarikan kesimpulan secara deduktif sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai kontribusi ilmu ekologi, agroforestri dan konservasi hayati dalam menjaga kestabilan ekosistem

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Peran Ilmu Ekologi dalam Menjaga Keseimbangan Ekosistem

Ilmu ekologi berperan dalam menjelaskan hubungan antara organisme dengan lingkungan serta proses-proses yang memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem. Melalui pendekatan ekologi, perubahan kondisi lingkungan seperti degradasi hutan, fragmentasi habitat, hilangnya keanekaragaman hayati, dan dampak perubahan iklim dapat diidentifikasi secara ilmiah sehingga menjadi dasar dalam penyusunan strategi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan (Pörtner *et al.*, 2021; IPCC, 2022).

Selain menghasilkan konsep dan teori, ilmu ekologi juga mendukung pengembangan berbagai metode ilmiah untuk memantau kondisi ekosistem dan keanekaragaman hayati. Salah satu penerapannya di Indonesia adalah penggunaan DNA *barcoding* dalam identifikasi spesies. Penelitian oleh Sektiana *et al.* (2022) berhasil mengidentifikasi berbagai spesies ikan terumbu karang di Pulau Tabuhan, Banyuwangi, menggunakan DNA *barcoding* sehingga memberikan informasi yang lebih akurat mengenai komposisi spesies sebagai dasar penyusunan

strategi konservasi. Selain itu, Roesma *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pendekatan *environmental* DNA (eDNA) *metabarcoding* mampu mendeteksi 152 spesies ikan di Danau Singkarak melalui analisis sampel air. Metode ini dinilai lebih cepat, tidak invasif, dan efektif untuk pemantauan keanekaragaman hayati sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan konservasi ekosistem di Indonesia.

Selain itu, hasil kajian ekologi mengenai struktur vegetasi, keanekaragaman spesies, dan cadangan karbon menjadi dasar dalam menentukan prioritas kawasan konservasi, restorasi ekosistem, serta pengembangan sistem penggunaan lahan yang berkelanjutan. Dengan demikian, ilmu ekologi tidak hanya berfungsi sebagai dasar pengembangan teori, tetapi juga menjadi landasan ilmiah dalam penyusunan kebijakan dan pengelolaan ekosistem di Indonesia.

3.2. Kontribusi Agroforestri terhadap Stabilitas Ekologi dan Sosial

Agroforestri merupakan sistem penggunaan lahan yang mengintegrasikan pohon, tanaman pangan, dan terkadang ternak untuk menciptakan ekosistem yang lebih stabil dan berkelanjutan (Nair, 2017). Sistem ini terbukti meningkatkan kualitas tanah melalui peningkatan bahan organik, retensi air, dan aktivitas mikroorganisme tanah. Selain itu, keberadaan pohon dalam sistem agroforestri berperan sebagai penyerap karbon sehingga berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim global (Jose, 2019).

Tabel 1. Perbandingan Sistem Agroforestri dan Monokultur terhadap Fungsi Ekologis.

Aspek	Sistem Penggunaan Lahan	
	<i>Agroforestri</i>	<i>Monokultur</i>
Struktur vegetasi	Beragam (multistrata)	Satu jenis tanaman
Keanekaragaman hayati	Tinggi	Rendah
Cadangan karbon	Lebih tinggi; tambahan rata-rata 46,1 Mg C ha ⁻¹ dibanding lahan tanpa pohon	Lebih rendah
Penurunan karbon organik tanah	8–20% (agroforestri kompleks) dibanding hutan alami	>40% pada lahan tanpa pohon
Retensi air & kesuburan tanah	Lebih baik	Cenderung lebih rendah
Risiko erosi	Lebih rendah	Lebih tinggi
Sumber pendapatan	Beragam (kayu, buah, rempah, HHBK)	Umumnya satu komoditas

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa agroforestri berkontribusi terhadap peningkatan cadangan karbon dan mitigasi perubahan iklim. Hairiah *et al.* (2020) melaporkan bahwa konsentrasi karbon organik tanah pada lapisan 0–30 cm di sistem agroforestri kompleks hanya mengalami penurunan sekitar 8–20% dibandingkan hutan alami. Sebaliknya, pada sistem pertanian tanpa pohon penurunannya mencapai lebih dari 40%, sedangkan pada agroforestri sederhana dan monokultur pohon berkisar 25–30%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan pohon dalam sistem agroforestri mampu mempertahankan cadangan karbon tanah lebih baik dibandingkan sistem budidaya tanpa pohon sehingga berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim dan menjaga kualitas tanah (Hairiah *et al.*, 2020). Selain itu, meta-analisis yang dilakukan oleh Ma *et al.* (2020) menunjukkan bahwa sistem agroforestri mampu meningkatkan cadangan karbon rata-rata sebesar 46,1 Mg C ha⁻¹ dibandingkan lahan pertanian tanpa pohon.

Kontribusi agroforestri juga terlihat pada aspek keanekaragaman hayati dan kesejahteraan masyarakat. Penelitian Sari *et al.* (2020) pada sistem agroforestri kakao di Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa keberadaan berbagai spesies pohon dalam agroforestri tidak hanya meningkatkan penyimpanan karbon, tetapi juga mempertahankan keanekaragaman vegetasi yang berperan sebagai habitat bagi berbagai organisme. Dari sisi sosial ekonomi, sistem agroforestri memberikan sumber pendapatan yang lebih beragam melalui hasil kayu, buah-buahan, rempah, dan hasil hutan bukan kayu sehingga mampu mengurangi ketergantungan petani pada satu jenis komoditas dan meningkatkan ketahanan ekonomi rumah tangga (Jose, 2019). Dengan demikian, agroforestri tidak hanya berfungsi sebagai sistem produksi pertanian, tetapi juga sebagai pendekatan pengelolaan lahan yang mampu menjaga stabilitas ekologi sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Keuntungan ekologis lain dari agroforestri adalah peningkatan keanekaragaman hayati. Struktur vegetasi bertingkat menciptakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna, sehingga menjaga keseimbangan rantai makanan dalam sistem pertanian (Torrallba *et al.*, 2018). Selain manfaat ekologis, agroforestri juga memberikan manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat melalui diversifikasi hasil seperti kayu, buah, rempah, dan tanaman obat.

Hal ini menjadikannya sistem yang tidak hanya menjaga stabilitas lingkungan tetapi juga meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan petani.

3.3. Strategi Konservasi Hayati untuk Menjaga Kestabilan Ekosistem

Konservasi hayati merupakan strategi penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem melalui perlindungan keanekaragaman spesies, habitat, dan proses ekologis. Upaya konservasi dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu konservasi *in situ* yang melindungi spesies di habitat alaminya, seperti taman nasional dan cagar alam, serta konservasi *ex situ* yang dilakukan di luar habitat asli melalui kebun raya, bank benih, atau koleksi plasma nutfah. Kedua pendekatan tersebut saling melengkapi dalam mempertahankan keanekaragaman hayati sekaligus mendukung pemulihan spesies yang terancam punah (Primack *et al.*, 2018).

Keberhasilan konservasi hayati sangat berkaitan dengan upaya mempertahankan keanekaragaman hayati sebagai penopang stabilitas ekosistem. Ekosistem dengan tingkat biodiversitas yang tinggi cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap gangguan lingkungan, perubahan iklim, serta mampu mempertahankan berbagai jasa ekosistem, seperti penyerbukan, pengendalian hayati alami, siklus hara, dan regulasi tata air yang mendukung keberlanjutan kehidupan manusia (Pörtner *et al.*, 2021).

Dalam implementasinya, keberhasilan konservasi tidak hanya bergantung pada penerapan ilmu pengetahuan dan kebijakan pemerintah, tetapi juga memerlukan keterlibatan masyarakat sebagai pengelola sumber daya alam. Partisipasi masyarakat melalui penerapan kearifan lokal dapat memperkuat efektivitas konservasi karena mengintegrasikan nilai budaya dengan prinsip-prinsip pelestarian lingkungan. Yuliani (2020) menjelaskan bahwa pengelolaan sumber daya alam berbasis masyarakat dan kearifan lokal mampu mendorong pemanfaatan sumber daya secara bijaksana, meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan, serta mendukung keberlanjutan ekosistem, khususnya di wilayah pedesaan dan masyarakat adat.

3.4. Integrasi Ilmu Ekologi, Agroforestri, dan Konservasi Hayati sebagai Strategi Komprehensif dalam Menjaga Stabilitas Ekosistem

Integrasi antara ilmu ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati merupakan pendekatan yang semakin penting dalam menjaga stabilitas ekosistem di tengah meningkatnya tekanan akibat perubahan penggunaan lahan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan perubahan iklim. Ketiga komponen tersebut saling melengkapi, di mana ilmu ekologi menyediakan dasar ilmiah untuk memahami dinamika ekosistem, agroforestri menjadi bentuk implementasi pengelolaan lahan yang berkelanjutan, sedangkan konservasi hayati berperan dalam mempertahankan fungsi ekologis dan keberlanjutan biodiversitas. Pendekatan yang terintegrasi memungkinkan pengelolaan sumber daya alam dilakukan secara lebih efektif dibandingkan penerapan masing-masing komponen secara terpisah (Pörtner *et al.*, 2021).

Ilmu ekologi menyediakan informasi mengenai interaksi organisme, kondisi lingkungan, serta respons ekosistem terhadap berbagai bentuk gangguan. Informasi tersebut menjadi dasar dalam perancangan sistem agroforestri yang sesuai dengan karakteristik biofisik suatu wilayah, seperti pemilihan spesies tanaman, pengaturan pola tanam, serta pengelolaan tanah dan air. Pendekatan berbasis ilmu ekologi juga mendukung upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim melalui pengelolaan bentang alam yang mempertahankan fungsi ekologis sekaligus meningkatkan produktivitas lahan (IPCC, 2022).

Dalam konteks tersebut, agroforestri berfungsi sebagai penghubung antara kawasan konservasi dan lahan budidaya melalui pembentukan koridor ekologis, yaitu jalur vegetasi yang menghubungkan habitat-habitat yang terpisah sehingga memungkinkan perpindahan satwa, penyebaran biji, dan aliran materi genetik antar populasi. Keberadaan koridor ekologis membantu mengurangi fragmentasi habitat, meningkatkan konektivitas lanskap, serta mempertahankan keberlangsungan proses ekologis. Selain itu, hasil penelitian Hairiah *et al.* (2020) menunjukkan bahwa agroforestri kompleks mampu mempertahankan karbon organik tanah lebih baik dibandingkan lahan pertanian tanpa pohon, sehingga berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim sekaligus menjaga kualitas ekosistem.

Konservasi hayati melengkapi sistem tersebut melalui perlindungan spesies, habitat, dan proses ekologis baik secara *in situ* maupun *ex situ*. Integrasi antara konservasi hayati dan agroforestri tidak hanya mendukung pelestarian keanekaragaman hayati, tetapi juga meningkatkan berbagai jasa ekosistem, seperti penyimpanan karbon, pengendalian erosi, penyerbukan alami, dan pengaturan tata air. Dengan demikian, sinergi antara ilmu ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati menghasilkan sistem pengelolaan lanskap yang lebih resilien, produktif, dan adaptif dalam menghadapi tantangan lingkungan global.

4. Kesimpulan & Rekomendasi

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa ilmu ekologi berperan sebagai landasan ilmiah dalam memahami dinamika ekosistem dan mendukung penyusunan strategi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Agroforestri terbukti mampu meningkatkan stabilitas ekosistem melalui perbaikan kualitas tanah,

peningkatan cadangan karbon, pelestarian keanekaragaman hayati, serta memberikan manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat. Sementara itu, konservasi hayati berperan dalam menjaga keberlanjutan spesies, habitat, dan fungsi ekosistem melalui pendekatan *in situ* maupun *ex situ*.

Integrasi ilmu ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati merupakan strategi yang saling melengkapi dalam menjaga stabilitas ekosistem dan mendukung pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada kajian empiris mengenai efektivitas integrasi ketiga pendekatan tersebut pada berbagai tipe ekosistem di Indonesia sebagai dasar penyusunan kebijakan lingkungan yang lebih adaptif dan berbasis bukti ilmiah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para peneliti yang karya ilmiahnya menjadi sumber referensi dalam kajian ini sehingga memberikan kontribusi terhadap penyusunan artikel. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang ekologi, agroforestri, dan konservasi hayati.

Daftar Referensi

- Cozim-Melges, F., Ripoll-Bosch, R., Veen, G. F., Oggiano, P., Bianchi, F. J., Van Der Putten, W. H., & Van Zanten, H. H. (2024). Farming practices to enhance biodiversity across biomes: a systematic review. *npj Biodiversity*, 3(1), 1.
- Hairiah, K., van Noordwijk, M., Sari, R. R., Saputra, D. D., Suprayogo, D., Kurniawan, S., & Gusli, S. (2020). Soil carbon stocks in Indonesian (agro) forest transitions: Compaction conceals lower carbon concentrations in standard accounting. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 294, 106879.
- Hayyun, N., Sofyan, A., & Rahmandani, D. (2018). Peran agroforestri kopi dalam meningkatkan fungsi ekologis di Kabupaten Garut. *Jurnal Ilmu Lingkungan Indonesia*, 6(3), 112–120.
- Hebert, P. D. N., Ratnasingham, S., & de Waard, J. R. (2016). Barcoding animal life: Modern tools for biodiversity studies. *Molecular Ecology Resources*, 16(6), 1274–1288.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Jose, S. (2019). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 93(1), 1–10.
- Ma, Z., Chen, H. Y. H., Bork, E. W., Carlyle, C. N., & Chang, S. X. (2020). Carbon accumulation in agroforestry systems is affected by tree species diversity, age and regional climate: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 29(11), 1817–1828.
- Meerbeek, V. K., Muys, B., & Lamsal, L. (2021). Unifying the concepts of stability and resilience in ecology. *Ecology and Evolution*, 11(10), 4955–4967.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2015). *Ecosystems and human well-being: Synthesis report*. Island Press.
- Nair, P. K. R. (2017). Agroforestry: Practices, systems, and systems design. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(3), 300–316.
- Pörtner, H. O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., et al. (2021). Scientific outcome of the IPBES–IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change. *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)*.
- Primack, R. B., Meijaard, E., & Supriatna, J. (2018). *Konservasi biologi (Edisi ke-2)*. Yayasan Obor Indonesia.
- Raven, P. H. (2020). Maintaining biodiversity will define our long-term success. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(5), 232–236.
- Rizkawati, R. (2021). Peran kumbang tanah sebagai indikator kesehatan agroekosistem. *Jurnal Konservasi Hayati Nusantara*, 4(1), 19–27.
- Roesma, D. I., Muchlisin, Z. A., Fadli, N., et al. (2023). The importance of DNA barcode reference libraries and selection primer pair in monitoring fish diversity using environmental DNA metabarcoding. *Biodiversitas*, 24(4), 2251–2260.
- Sari, R. R., Saputra, D. D., Hairiah, K., Rozendaal, D. M. A., Roshetko, J. M., & van Noordwijk, M. (2020). Gendered Species Preferences Link Tree Diversity and Carbon Stocks in Cacao Agroforest in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Land*, 9(4), 108.
- Sektiana, S. P., Dailami, M., Arsad, S., Mahmudi, M., & Andriyono, S. (2022). Diversity of the Tabuhan Island coral reef fish revealed by DNA barcoding and implication on conservation strategy in Banyuwangi, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(9), 4844–4851.

- Tamburino, L., Bravo, G., & Farley, J. (2021). Reconciling a positive ecological balance with human demands. *Global Sustainability*, 4(3), 1–14.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., & Plieninger, T. (2018). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Ecological Indicators*, 95, 544–555.
- Yuliani, E. L. (2020). Konservasi berbasis masyarakat dan peran pengetahuan lokal dalam pelestarian sumber daya alam. *Jurnal Konservasi Alam dan Lingkungan*, 7(1), 23–34.