



Model Dinamika Sistem Pengelolaan Hutan Lindung Berbasis Causal Loop Diagram

Wiid Widiastuty* , Auldry F. Walukow, Johnson Siallagan, Janviter Manalu, Maklon Warpur

Universitas Cenderawasih, Indonesia
Email: widiastutiwiwid23@gmail.com*

Abstract

Protected forest management is a complex issue because it is influenced by the interaction of interrelated social, economic, and environmental factors. Sectoral approaches are often not able to explain the cause-and-effect relationship comprehensively, so a dynamic systems approach is needed. This research aims to analyze the management system of protected forests using a causal loop diagram (CLD) approach in Mamberamo Tengah Regency. The research employed a mixed-method approach, including questionnaires, interviews, and land cover change analysis. The results indicate that forest management is influenced by the interaction of social, economic, and environmental factors. Reinforcing loops are dominated by economic dependency and forest exploitation, leading to increased forest degradation. Meanwhile, balancing loops are formed through improved knowledge, awareness, and government support, which promote conservation and forest protection. Key leverage points include alternative economic development, community education, institutional strengthening, and control of external exploitation. The model highlights the importance of a system dynamics approach for sustainable forest management.

Keywords: causal loop diagram, protected forest, system dynamics

Abstrak

Pengelolaan hutan lindung merupakan persoalan yang kompleks karena dipengaruhi oleh interaksi faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan yang saling berkaitan. Pendekatan sektoral sering kali belum mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat secara menyeluruh, sehingga diperlukan pendekatan sistem dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pengelolaan hutan lindung menggunakan pendekatan causal loop diagram (CLD) di Kabupaten Mamberamo Tengah. Penelitian menggunakan metode campuran dengan pengumpulan data melalui kuesioner, wawancara, serta analisis perubahan tutupan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengelolaan hutan lindung dipengaruhi oleh interaksi faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Loop penguatan (reinforcing) didominasi oleh ketergantungan ekonomi masyarakat dan eksploitasi hutan yang meningkatkan kerusakan hutan. Sementara itu, loop penyeimbang (balancing) terbentuk melalui peningkatan pengetahuan, kepedulian, serta dukungan pemerintah yang mendorong konservasi dan perlindungan hutan. Titik intervensi utama meliputi penguatan ekonomi alternatif, peningkatan edukasi masyarakat, penguatan kelembagaan, serta pengawasan terhadap eksploitasi pihak luar. Model ini menunjukkan bahwa pengelolaan hutan lindung memerlukan pendekatan sistem dinamis untuk mencapai keberlanjutan.

Kata kunci: causal loop diagram, hutan lindung, sistem dinamis, pengelolaan hutan

PENDAHULUAN

Hutan lindung memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem, terutama dalam fungsi hidrologi, pengendalian erosi, penyimpanan karbon, serta perlindungan keanekaragaman hayati. Selain itu, hutan lindung juga menjadi sumber penghidupan bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya, terutama di wilayah terpencil yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber ekonomi alternatif (Food and Agriculture Organization, 2020; KLHK, 2021). Namun, dalam beberapa dekade terakhir, tekanan terhadap kawasan

hutan lindung terus meningkat akibat aktivitas manusia seperti pembalakan liar, pembukaan lahan, serta eksploitasi sumber daya hutan yang tidak terkendali (Nugroho et al., 2023).

Fenomena degradasi hutan yang terjadi saat ini tidak hanya disebabkan oleh faktor ekologis, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor sosial dan ekonomi masyarakat (Warwer et al., 2024). Ketergantungan masyarakat terhadap sumber daya hutan, keterbatasan alternatif mata pencaharian, serta lemahnya tata kelola menjadi faktor utama yang mendorong terjadinya kerusakan hutan (World Bank, 2016). Selain itu, konflik tenurial, masuknya pihak luar, serta lemahnya koordinasi antar pemangku kepentingan turut memperparah kondisi pengelolaan hutan lindung di berbagai wilayah di Indonesia (Auriga Nusantara, 2023).

Di wilayah Papua, khususnya Kabupaten Mamberamo Tengah, kondisi tersebut menjadi semakin kompleks karena karakteristik wilayah yang terpencil dan dominasi kawasan hutan lindung. Masyarakat lokal memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap hutan, baik sebagai sumber pangan, pendapatan, maupun bagian dari sistem sosial dan budaya. Di sisi lain, meningkatnya tekanan ekonomi serta perubahan kebijakan pembangunan pasca pemekaran wilayah berpotensi meningkatkan eksploitasi sumber daya hutan. Hal ini menyebabkan terjadinya degradasi hutan yang tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga pada keberlanjutan kehidupan masyarakat itu sendiri.

Permasalahan pengelolaan hutan lindung pada dasarnya merupakan sistem yang kompleks karena melibatkan interaksi berbagai faktor, seperti aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan yang saling memengaruhi secara dinamis (Bagaskara & Tridakusumah, 2021; Chaniago et al., 2019; Purwandari & Herdianto, 2024; Sanjaya, 2020). Pendekatan konvensional yang bersifat sektoral seringkali tidak mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat yang terjadi secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistem dinamis yang mampu menggambarkan keterkaitan antar variabel dalam suatu sistem secara komprehensif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji pengelolaan hutan lindung dari berbagai perspektif. Penelitian oleh Berkes (2009) menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan hutan sangat dipengaruhi oleh keterlibatan masyarakat dan proses pembelajaran sosial dalam pengelolaan sumber daya alam. Liu et al. (2007) menekankan bahwa sistem interaksi antara manusia dan lingkungan bersifat kompleks dan saling memengaruhi, sehingga diperlukan pendekatan yang mampu menjelaskan hubungan tersebut secara menyeluruh. Sementara itu, penelitian oleh World Bank (2016) mengungkapkan bahwa ketergantungan ekonomi masyarakat terhadap hutan menjadi faktor utama meningkatnya eksploitasi sumber daya hutan di wilayah berkembang. Di Indonesia, Nugroho et al. (2023) menunjukkan bahwa degradasi hutan terjadi akibat kombinasi faktor ekonomi, lemahnya pengawasan, serta tekanan dari aktivitas ilegal. Selain itu, laporan Auriga Nusantara (2023) menegaskan bahwa lemahnya koordinasi kelembagaan dan pengawasan menjadi penyebab utama meningkatnya aktivitas ilegal di kawasan hutan lindung.

Pendekatan sistem dinamis melalui causal loop diagram (CLD) memungkinkan identifikasi hubungan sebab-akibat antar variabel serta pola umpan balik (feedback) dalam suatu sistem (Senjaya & Sunarsih, 2019). CLD mampu mengidentifikasi loop penguatan (reinforcing) yang mempercepat perubahan serta loop penyeimbang (balancing) yang menjaga kestabilan sistem (Husain et al., 2025; Rahmi & Anikusuma, 2026; Saputro et al., 2024).

Dengan demikian, pendekatan ini dapat digunakan untuk memahami dinamika kerusakan hutan serta merumuskan intervensi kebijakan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pengelolaan hutan lindung, sebagian besar masih menggunakan pendekatan deskriptif atau sektoral, sehingga belum mampu menggambarkan keterkaitan antar faktor secara sistemik. Penelitian yang mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam kerangka sistem dinamis, khususnya menggunakan pendekatan *causal loop diagram* di wilayah pegunungan Papua, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menyusun model dinamika sistem pengelolaan hutan lindung yang kontekstual dan berbasis kondisi lokal di Kabupaten Mamberamo Tengah.

Berdasarkan hal tersebut, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan sistem dinamis melalui *causal loop diagram* untuk menganalisis pengelolaan hutan lindung secara integratif dengan mempertimbangkan interaksi faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam konteks lokal Kabupaten Mamberamo Tengah. Pendekatan ini diharapkan mampu mengidentifikasi pola hubungan sebab-akibat serta titik intervensi strategis (*leverage points*) yang belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model dinamika sistem pengelolaan hutan lindung di Kabupaten Mamberamo Tengah menggunakan pendekatan *causal loop diagram*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran hubungan antar faktor yang memengaruhi pengelolaan hutan lindung serta menjadi dasar dalam perumusan strategi pengelolaan yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods*, yaitu kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai sistem pengelolaan hutan lindung. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan data numerik dan informasi kontekstual dalam menganalisis fenomena yang kompleks (Creswell, 2014).

Penelitian dilaksanakan di kawasan Hutan Lindung Pegunungan Tengah, Kabupaten Mamberamo Tengah, Provinsi Papua Pegunungan, pada periode Desember 2025 hingga Februari 2026. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik dominasi kawasan hutan lindung serta tingkat ketergantungan masyarakat yang tinggi terhadap sumber daya hutan.

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada masyarakat serta wawancara semi terstruktur dengan informan kunci dari instansi terkait. Teknik wawancara semi terstruktur dipilih karena memberikan fleksibilitas dalam menggali informasi mendalam mengenai kondisi pengelolaan hutan (Kallio et al., 2016). Data sekunder diperoleh dari peta tutupan lahan tahun 2019 dan 2024 serta dokumen kebijakan yang relevan.

Penentuan sampel masyarakat dilakukan menggunakan teknik *probability sampling* dengan metode *simple random sampling*, sehingga setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk terpilih (Sugiyono, 2019). Jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%, sehingga diperoleh sebanyak 97 responden.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik responden serta persepsi masyarakat terhadap

Causal loop diagram merupakan bagian dari metode sistem dinamis yang digunakan untuk menggambarkan struktur sistem melalui hubungan umpan balik (feedback) antar variabel. Dalam penelitian ini, CLD digunakan untuk mengidentifikasi loop penguatan (reinforcing loop) dan loop penyeimbang (balancing loop) yang memengaruhi dinamika pengelolaan hutan lindung. Selanjutnya, dilakukan identifikasi titik intervensi (leverage points) sebagai dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Reinforcing Loop (R) (Dinamika Pendorong Kerusakan Hutan)

R1: Ketergantungan Ekonomi – Eksploitasi – Kerusakan Hutan

Loop penguatan pertama menunjukkan bahwa meningkatnya ketergantungan ekonomi masyarakat terhadap hutan akan mendorong peningkatan aktivitas eksploitasi sumber daya hutan. Aktivitas ini meliputi pemanfaatan hasil hutan maupun penebangan yang tidak selalu dilakukan secara berkelanjutan. Peningkatan eksploitasi akan menyebabkan kerusakan hutan, baik dalam bentuk degradasi maupun penurunan kualitas ekosistem.

Dalam jangka pendek, aktivitas tersebut tetap memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat, sehingga memperkuat ketergantungan terhadap hutan. Kondisi ini menciptakan siklus penguatan yang terus berulang dan berpotensi mempercepat kerusakan hutan apabila tidak dikendalikan. Temuan ini sejalan dengan laporan World Bank (2016) yang menyatakan bahwa ketergantungan ekonomi yang tinggi terhadap sumber daya alam dapat meningkatkan risiko eksploitasi berlebih.

R2: Eksploitasi Pihak Luar – Tekanan Hutan – Kerusakan

Loop penguatan kedua menunjukkan bahwa masuknya pihak luar dalam aktivitas eksploitasi, seperti penebangan ilegal, meningkatkan tekanan terhadap kawasan hutan lindung. Kondisi sosial ekonomi masyarakat yang relatif terbatas membuat masyarakat rentan terlibat dalam aktivitas tersebut.

Semakin tinggi tingkat eksploitasi oleh pihak luar, maka semakin besar tingkat kerusakan hutan yang terjadi. Kerusakan ini kemudian membuka akses yang lebih luas terhadap eksploitasi lanjutan akibat lemahnya pengawasan, sehingga memperkuat siklus kerusakan hutan. Hal ini sejalan dengan temuan Auriga Nusantara (2023) yang menyebutkan bahwa lemahnya pengawasan dan koordinasi menjadi faktor utama dalam meningkatnya aktivitas ilegal di kawasan hutan.

Balancing Loop (B) (Mekanisme Pengendalian Sistem)

B1: Pengetahuan – Kepedulian – Konservasi – Kondisi Hutan

Loop penyeimbang pertama menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan masyarakat mengenai fungsi dan manfaat hutan lindung akan meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan. Kepedulian ini mendorong perilaku konservasi, seperti menjaga hutan dan mengurangi aktivitas perusakan.

Perilaku konservasi yang meningkat akan menurunkan tingkat kerusakan hutan dan memperbaiki kondisi ekologis. Kondisi hutan yang lebih baik kemudian memperkuat kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kelestarian hutan. Hal ini sejalan dengan teori perilaku yang dikemukakan oleh Ajzen (1991), bahwa pengetahuan dan sikap dapat memengaruhi perilaku individu dalam menjaga lingkungan.

B2: Dukungan Pemerintah – Partisipasi – Pengelolaan – Perlindungan Hutan

Loop penyeimbang kedua menunjukkan bahwa dukungan pemerintah melalui kebijakan, program pemberdayaan, dan pendampingan masyarakat dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan hutan. Partisipasi yang tinggi akan mendorong pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Pengelolaan yang baik akan meningkatkan perlindungan terhadap hutan dan menekan laju kerusakan. Kondisi ini menciptakan keseimbangan dalam sistem pengelolaan hutan

lindung. Temuan ini sejalan dengan FAO (2020) yang menyatakan bahwa partisipasi masyarakat merupakan kunci dalam keberhasilan pengelolaan hutan secara berkelanjutan.

Titik Intervensi (*Leverage Points*)

Berdasarkan analisis *causal loop diagram* (CLD), terdapat beberapa titik intervensi strategis (*leverage points*) yang dapat digunakan untuk memperbaiki sistem pengelolaan hutan lindung. Titik intervensi ini berperan penting dalam memutus loop penguatan yang bersifat merusak serta memperkuat loop penyeimbang dalam sistem.

Pertama, pengembangan ekonomi alternatif berbasis hutan menjadi intervensi utama untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap eksploitasi langsung sumber daya hutan. Dengan menyediakan sumber pendapatan alternatif, seperti pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (HHBK) dan ekowisata, tekanan terhadap hutan dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini sejalan dengan konsep pengelolaan hutan berkelanjutan yang menekankan keseimbangan antara aspek ekonomi dan konservasi (Food and Agriculture Organization, 2020).

Kedua, peningkatan edukasi dan kesadaran masyarakat berperan dalam memperkuat perilaku konservasi. Edukasi lingkungan yang berkelanjutan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap pentingnya fungsi ekologis hutan, sehingga mendorong perubahan perilaku ke arah yang lebih ramah lingkungan. Intervensi ini secara langsung memperkuat *balancing loop* dalam sistem, sebagaimana dijelaskan dalam teori perilaku oleh Ajzen (1991).

Ketiga, penguatan kelembagaan dan koordinasi antar stakeholder menjadi faktor penting dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan hutan. Kelembagaan yang kuat mampu menciptakan sistem pengawasan, regulasi, dan kolaborasi yang lebih baik antara pemerintah, masyarakat, dan pihak terkait lainnya. Hal ini penting untuk mengatasi permasalahan lemahnya koordinasi yang selama ini menjadi salah satu ancaman utama (World Bank, 2016).

Keempat, pengawasan terhadap eksploitasi pihak luar diperlukan untuk menekan aktivitas ilegal seperti penebangan liar. Penguatan sistem pengawasan, baik melalui pendekatan teknologi maupun partisipasi masyarakat, dapat membantu mengurangi tekanan eksternal terhadap kawasan hutan lindung. Hal ini sejalan dengan laporan yang menunjukkan bahwa lemahnya pengawasan menjadi faktor utama meningkatnya aktivitas ilegal di kawasan hutan (Auriga Nusantara, 2023).

Kelima, pengembangan ekowisata dan pemanfaatan HHBK sebagai bentuk pemanfaatan berkelanjutan memberikan peluang ekonomi tanpa merusak fungsi ekologis hutan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan masyarakat, tetapi juga mendorong masyarakat untuk menjaga kelestarian hutan sebagai aset jangka panjang (Food and Agriculture Organization, 2020).

Secara keseluruhan, titik intervensi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan hutan lindung perlu diarahkan pada upaya yang mampu mengurangi tekanan eksploitasi sekaligus memperkuat kapasitas masyarakat dan kelembagaan. Dengan demikian, intervensi yang tepat dapat menggeser dinamika sistem dari kondisi yang didominasi oleh loop penguatan menuju sistem yang lebih seimbang dan berkelanjutan.

Implikasi Pengelolaan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan hutan lindung tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus menggunakan pendekatan sistem yang mempertimbangkan

keterkaitan antar faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Pendekatan *causal loop diagram* (CLD) memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika sistem serta hubungan umpan balik yang memengaruhi kondisi hutan, sehingga dapat membantu dalam mengidentifikasi strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Dengan demikian, penguatan *balancing loop* dan pengendalian *reinforcing loop* yang bersifat merusak menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan hutan lindung di Kabupaten Mamberamo Tengah. Intervensi yang tepat pada titik leverage, seperti penguatan ekonomi alternatif, peningkatan kapasitas masyarakat, serta penguatan kelembagaan, dapat mengarahkan sistem menuju kondisi yang lebih stabil dan berkelanjutan.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa kebijakan pengelolaan hutan lindung perlu diarahkan pada pendekatan berbasis masyarakat dan kolaboratif antar stakeholder, guna meningkatkan efektivitas pengelolaan serta mengurangi tekanan terhadap hutan. Sementara itu, secara teoritis, penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan sistem dinamis mampu menjelaskan interaksi kompleks dalam pengelolaan sumber daya alam yang tidak dapat dijelaskan melalui pendekatan konvensional. Penelitian ini memiliki keunikan karena menggunakan pendekatan *causal loop diagram* untuk menggambarkan hubungan sistemik antara faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam konteks wilayah pegunungan Papua yang masih terbatas dikaji. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan model pengelolaan hutan berbasis sistem di wilayah dengan karakteristik serupa.

KESIMPULAN

Pengelolaan hutan lindung di Kabupaten Mamberamo Tengah merupakan sistem dinamis yang dipengaruhi oleh interaksi faktor ekonomi, sosial, dan lingkungan. Model causal loop diagram menunjukkan adanya loop penguatan yang mendorong kerusakan hutan melalui ketergantungan ekonomi dan eksploitasi, serta loop penyeimbang yang berperan dalam menjaga keberlanjutan melalui peningkatan pengetahuan, partisipasi, dan dukungan pemerintah. Oleh karena itu, strategi pengelolaan perlu difokuskan pada penguatan intervensi pada titik leverage, seperti pengembangan ekonomi alternatif, edukasi masyarakat, dan penguatan kelembagaan, guna menekan kerusakan dan meningkatkan konservasi hutan secara berkelanjutan.

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut. Pertama, pemerintah daerah perlu mengembangkan program ekonomi alternatif berbasis potensi lokal, seperti pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (HHBK) dan ekowisata, guna mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap eksploitasi langsung hutan. Kedua, diperlukan peningkatan edukasi dan kesadaran masyarakat secara berkelanjutan mengenai pentingnya fungsi ekologis hutan, sehingga dapat memperkuat perilaku konservasi. Ketiga, penguatan kelembagaan dan koordinasi antar pemangku kepentingan perlu ditingkatkan untuk menciptakan sistem pengelolaan yang lebih efektif dan terintegrasi. Keempat, pengawasan terhadap aktivitas eksploitasi, khususnya oleh pihak luar, harus diperketat melalui kombinasi pendekatan regulatif dan partisipatif berbasis masyarakat. Terakhir, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model kuantitatif berbasis sistem dinamis, seperti *stock and flow diagram*, sehingga dapat dilakukan simulasi kebijakan dan analisis skenario guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan berbasis bukti.

REFERENSI

- Auriga Nusantara. (2023). *Laporan deforestasi Indonesia tahun 2023*. Auriga Nusantara.
- Bagaskara, F., & Tridakusumah, A. C. (2021). Dinamika pengelolaan hutan bersama masyarakat (Studi kasus LMDH Tani Mukti Giri Jaya, Desa Mekarmanik, Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung). *Mimbar Agribisnis*, 7(1), 805–823.
- Chaniago, D. S., Rani, A. P., & Solikatun, S. (2019). Peran lembaga sosial kemasyarakatan dalam pengelolaan dan pemanfaatan hutan. *RESIPROKAL: Jurnal Riset Sosiologi Progresif Aktual*, 1(1), 14–30.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Food and Agriculture Organization. (2020). *Global forest resources assessment 2020*. FAO.
- Husain, H., Krismono, B., & Taufik, M. (2025). Model dinamis causal loop diagram (CLD) dalam perencanaan pariwisata olahraga yang smart dan berkelanjutan. *Jurnal Manajemen Informatika Jayakarta*, 5(1), 1–11.
- Kallio, H., Pietilä, A. M., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954–2965.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Statistik lingkungan hidup dan kehutanan tahun 2021*. KLHK.
- Nugroho, H., et al. (2023). Analisis deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Kehutanan*, 15(2), 45–56.
- Purwandari, A. R., & Herdianto, A. (2024). Potret multifungsi hutan di Kabupaten Jember: Dinamika, tantangan, dan strategi pengelolaan berkelanjutan tahun 2024. *Bio-Cons: Jurnal Biologi dan Konservasi*, 6(2), 534–546.
- Rahmi, E., & Anikusuma, L. E. (2026). *Penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan sampah: Penerapan sistem dinamik dengan causal loop diagram untuk kota berkelanjutan*. PT Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sanjaya, P. K. A. (2020). *Hutan lestari: Aspek sosial ekonomi yang mempengaruhinya*. Unhi Press.
- Saputro, M. R., Noor, F. M., & Maulana, R. N. (2024). Model sistem dinamis ketersediaan air PDAM Cilegon Mandiri. *Metode: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 93–102.
- Senjaya, I. W., & Sunarsih, S. (2019). *Model sistem dinamik pengendalian konversi lahan sawah di Kabupaten Magelang*. School of Postgraduate.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Warwer, F., Malatuny, Y. G., & Layan, S. (2024). Kehilangan hutan, kehilangan masa depan: Krisis ekologi dalam pendekatan biblis. *DIEGESIS: Jurnal Teologi Kharismatika*, 7(1), 55–70.
- World Bank. (2016). *Poverty and shared prosperity in Indonesia*. World Bank.