



The Role of Forests in the Carbon Cycle: A Review of Current Conditions and Their Economic and Social Benefits, with a Focus on Indonesian Forests

Bonaraja Purba¹, Joe Alfredo Tarigan², Khairun Nisa³, Miftahul Jannah⁴

Email: bonarajapurba@unimed.ac.id¹, joealfredo2007@gmail.com², kn8142168@gmail.com³, miftahuljannah303@gmail.com⁴

^{1, 2, 3, 4} Program Studi Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi Dan Bisnis, Universitas Negeri Medan

ABSTRACT

This study aims to examine the impact of foreign exchange market intervention on fluctuations in the Indonesian Rupiah exchange rate. The study employs a quantitative approach using secondary data obtained from Bank Indonesia. Foreign exchange market intervention is measured by the volume of Domestic Non-Deliverable Forward (DNDF) transactions, while the Rupiah exchange rate is measured using the Jakarta Interbank Spot Dollar Rate (JISDOR). The dataset covers 12 observation periods from August to September 2026. The analytical techniques include descriptive statistics, simple linear regression, a t-test, and the coefficient of determination. The results show the regression equation $Y = 17,772.39 - 0.585X$, indicating a negative relationship between foreign exchange market intervention and the value of the Rupiah. However, the t-test produces a significance value of 0.279, which is higher than the 0.05 significance level. Therefore, foreign exchange market intervention does not have a statistically significant effect on fluctuations in the Rupiah exchange rate during the study period. The coefficient of determination of 11.60% indicates that foreign exchange market intervention explains only a small proportion of the variation in the Rupiah exchange rate, while the remaining 88.40% is attributable to other factors outside the research model. These findings suggest that Rupiah exchange rate stability is influenced not only by Bank Indonesia's intervention policies but also by various domestic and global economic factors.

Keywords: foreign exchange market intervention, DNDF, JISDOR, Indonesian Rupiah exchange rate, exchange rate fluctuations

PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah fenomena global yang ditandai dengan perubahan suhu serta pola curah hujan. Kontributor terbesar terhadap terjadinya perubahan iklim adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O) yang konsentrasinya semakin meningkat (Murdiyarso dan Suryadiputra, 2004). Gas rumah kaca tersebut menyerap radiasi gelombang panjang yang panas dan seiring dengan peningkatan GRK, mengakibatkan meningkatnya suhu permukaan bumi.

Kenaikan suhu ini selanjutnya mengganggu keseimbangan siklus karbon secara alami, yaitu proses perputaran karbon antara atmosfer, lautan, daratan, dan makhluk hidup. Pelepasan karbon yang tertimbun dalam bentuk bahan bakar fosil kembali ke atmosfer berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan kemampuan penyerapan melalui vegetasi dan perairan, sehingga siklus karbon tidak mampu menyeimbangkan kelebihan karbon di atmosfer. Kondisi ini menutup siklus umpan balik yang memperparah pemanasan global, di mana suhu yang lebih tinggi memperlambat penyerapan karbon sekaligus mempercepat pelepasan karbon dari hutan dan tanah, sehingga konsentrasi gas rumah kaca semakin bertambah dan memperburuk pemanasan bumi (IPCC, 2021; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020).

Siklus karbon adalah pergerakan karbon yang terjadi terus menerus antara organisme hidup yang berbeda di bumi dan antara organisme hidup dan lingkungan, melalui proses alami seperti fotosintesis, respirasi, dan dekomposisi di dalam tanah, dan juga pembakaran bahan bakar fosil (Cambridge Dictionary 2018). Siklus karbon juga dapat diartikan sebagai proses alami karbon yang bergerak atau mengalir di antara berbagai tempat dimana karbon tersebut digunakan dan disimpan (tampungan) (Stone et al. 2010)

penelitian ini disusun untuk menjawab rangkaian rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana mekanisme peran hutan dalam menyeimbangkan siklus karbon global?
2. Bagaimana gambaran kondisi terkini tutupan hutan, potensi karbon, dan dinamika deforestasi di Indonesia?
3. Apa saja manfaat ekonomi real dan potensial serta manfaat sosial yang dihasilkan dari ekosistem hutan Indonesia?
4. Bagaimana strategi tata kelola yang optimal untuk menyeimbangkan fungsi perlindungan ekologis dengan pemanfaatan ekonomi-sosial secara berkelanjutan?

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam mekanisme penyerapan dan penyimpanan karbon oleh hutan, memetakan kondisi empiris tutupan hutan Indonesia saat ini, mengevaluasi kontribusi ekonomi dan sosial ekosistem hutan, serta merumuskan rekomendasi kebijakan strategis yang mampu menyelaraskan komitmen penurunan emisi iklim dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi pustaka (*library research*) yang komprehensif dan sistematis. Data yang dianalisis dalam penelitian ini secara keseluruhan merupakan data sekunder berskala nasional dan global. Sumber data primer literatur diperoleh dari publikasi resmi pemerintah, seperti *Laporan Status Hutan dan Kehutanan Indonesia* dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), data publikasi Badan Pusat Statistik (BPS), serta laporan dari badan internasional seperti *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Selain itu, penelusuran artikel ilmiah bereputasi difokuskan pada jurnal terindeks Scopus dan Google Scholar dalam rentang waktu 2016–2025 untuk menjamin pemutakhiran data dan relevansi konsep.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran Hutan dalam Siklus Karbon

Hutan mempunyai peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan karbon di atmosfer. Pohon dan tumbuhan yang ada di dalam hutan menyerap karbon dioksida (CO₂) melalui proses fotosintesis. Karbon tersebut kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk membentuk bagian tubuhnya, seperti batang, daun, ranting, dan akar. Sebagian karbon juga tersimpan di dalam tanah dan serasah yang berasal dari daun atau bagian tumbuhan yang sudah mati. Karena itu, semakin baik kondisi suatu hutan, semakin besar pula kemampuan hutan tersebut dalam menyimpan karbon.

Dalam siklus karbon, hutan dapat berfungsi sebagai carbon sink, yaitu ekosistem yang menyerap karbon dari atmosfer dalam jumlah lebih besar daripada yang dilepaskannya. Fungsi ini sangat penting dalam menghadapi perubahan iklim karena peningkatan CO₂ di atmosfer menjadi salah satu penyebab utama pemanasan global. Hutan Indonesia yang memiliki ekosistem tropis dengan vegetasi yang cukup rapat mempunyai potensi besar dalam menyerap dan menyimpan karbon. Hal ini membuat perlindungan hutan menjadi salah satu upaya yang penting dalam mengurangi emisi gas rumah kaca.

Namun, fungsi tersebut dapat terganggu ketika terjadi deforestasi dan kerusakan hutan.

Ketika pohon ditebang atau hutan dibakar, karbon yang sebelumnya tersimpan dalam biomassa dapat dilepaskan kembali ke atmosfer. Selain itu, hilangnya vegetasi menyebabkan kemampuan kawasan untuk menyerap karbon pada masa berikutnya juga berkurang. Damiti et al. (2025) menjelaskan bahwa deforestasi tidak hanya menyebabkan berkurangnya tutupan hutan, tetapi juga berdampak terhadap siklus karbon, keanekaragaman hayati, tata air, dan stabilitas ekosistem.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hutan sebenarnya mempunyai dua kemungkinan dalam siklus karbon. Ketika hutan terjaga, hutan berfungsi sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Sebaliknya, ketika hutan mengalami kerusakan, hutan dapat berubah menjadi sumber emisi karbon. Oleh karena itu, menjaga hutan tetap berdiri menjadi langkah yang penting, bukan hanya untuk mempertahankan lingkungan, tetapi juga untuk membantu mengurangi dampak perubahan iklim.

Kondisi Hutan Indonesia Saat Ini

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan hutan tropis yang luas dan memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Hutan Indonesia tersebar di berbagai wilayah, seperti Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Papua, Maluku, dan wilayah lainnya. Setiap wilayah mempunyai karakteristik ekosistem yang berbeda, mulai dari hutan hujan tropis, hutan pegunungan, hutan rawa, hutan gambut, sampai hutan mangrove. Keberagaman tersebut membuat hutan Indonesia mempunyai nilai ekologis yang sangat tinggi.

Berdasarkan data Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan (IPSDH) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dari total 187,7 juta hektare luas daratan Indonesia, lahan yang masih bertutupan hutan tersisa sekitar 95,3 juta hektare atau 50,8 persen. Sebaran tutupan hutan tersebut tidak merata antarwilayah, dengan Papua sebagai wilayah bertutupan hutan terluas, diikuti Kalimantan dan Sumatra (KLHK, 2022). Sebaran selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sebaran Tutupan Hutan Indonesia Berdasarkan Wilayah

Wilayah	Luas Tutupan Hutan (juta ha)	Keterangan
Papua	34,3	Tutupan hutan terluas
Kalimantan	27,4	Didominasi hutan gambut & hujan tropis
Sumatra	13,8	Tekanan deforestasi tinggi
Total nasional	95,3 (50,8%)	dari 187,7 juta ha luas daratan Indonesia

Sumber: Direktorat IPSDH, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022), diolah.

Walaupun mempunyai potensi besar, kondisi hutan Indonesia masih menghadapi berbagai tekanan. Deforestasi dapat terjadi akibat pembukaan lahan untuk perkebunan dan pertanian, pertambangan, pembangunan infrastruktur, penebangan, serta kebakaran hutan dan lahan. Menurut Damiti et al. (2025), deforestasi menjadi salah satu ancaman utama terhadap stabilitas ekosistem hutan Indonesia karena dapat menyebabkan hilangnya habitat dan terjadinya fragmentasi kawasan hutan.

Data resmi KLHK mencatat deforestasi neto sebesar 113.534,3 hektare pada periode 2020–2021 dan menurun menjadi sekitar 104.000 hektare pada periode 2021–2022, atau turun 8,4 persen (KLHK, 2023). Di sisi lain, lembaga pemantau independen Yayasan Auriga Nusantara mencatat angka kehilangan hutan alam yang lebih tinggi, yaitu 230.760 hektare pada 2022 dan 257.384 hektare pada 2023, akibat perbedaan metode dan resolusi citra satelit yang digunakan (Auriga Nusantara, 2024). Perbandingan angka deforestasi neto dari kedua sumber tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Laju Deforestasi Neto Indonesia Tahun 2020–2023

Periode	Deforestasi Neto (ha)	Sumber Data
2020–2021	113.534,3	KLHK, Direktorat IPSDH (2022)
2021–2022	104.000	KLHK, Direktorat IPSDH (2023)
2022 (versi independen)	230.760	Yayasan Auriga Nusantara (2024)
2023 (versi independen)	257.384	Yayasan Auriga Nusantara (2024)

Sumber: Direktorat IPSDH KLHK (2022, 2023); Yayasan Auriga Nusantara (2024), diolah.

Perbedaan angka antarlembaga tersebut menegaskan bahwa keberhasilan pengelolaan hutan tidak cukup hanya dilihat dari satu sumber data luas kawasan hutan yang masih ada. Kualitas hutan juga perlu diperhatikan, termasuk kondisi vegetasi, keanekaragaman hayati, kemampuan menyimpan karbon, dan hubungan hutan dengan masyarakat di sekitarnya.

Fragmentasi terjadi ketika kawasan hutan yang awalnya luas dan menyatu berubah menjadi bagian-bagian kecil yang terpisah. Kondisi ini dapat mengganggu pergerakan satwa dan membuat beberapa jenis flora maupun fauna semakin sulit mempertahankan populasinya. Apabila kondisi tersebut terus berlangsung, keanekaragaman hayati dapat mengalami penurunan. Selain itu, berkurangnya tutupan hutan juga dapat meningkatkan erosi dan mengganggu kemampuan tanah dalam menyerap air.

Kerusakan hutan juga dapat meningkatkan risiko kebakaran. Kawasan hutan yang telah mengalami perubahan penggunaan lahan atau mengalami degradasi biasanya menjadi lebih rentan terhadap kebakaran, terutama ketika kondisi lingkungan kering. Kebakaran tidak hanya menghancurkan vegetasi, tetapi juga dapat menyebabkan hilangnya habitat dan melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer.

Berdasarkan kondisi tersebut, keberhasilan pengelolaan hutan tidak cukup hanya dilihat dari berapa luas kawasan hutan yang masih ada. Kualitas hutan juga perlu diperhatikan, termasuk kondisi vegetasi, keanekaragaman hayati, kemampuan menyimpan karbon, dan hubungan hutan dengan masyarakat di sekitarnya.

Manfaat Ekonomi Hutan

Hutan mempunyai manfaat ekonomi yang cukup besar bagi negara dan masyarakat. Selama ini, manfaat hutan sering dikaitkan dengan hasil kayu. Kayu dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai industri, seperti industri furnitur, konstruksi, pulp, dan kertas. Kegiatan tersebut dapat memberikan pendapatan serta membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat. Namun, pemanfaatan hutan tidak hanya berasal dari hasil kayu. Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) seperti rotan, bambu, madu, buah-buahan, tanaman obat, rempah, dan berbagai produk lainnya juga dapat menjadi sumber pendapatan. Keunggulan dari HHBK adalah masyarakat dapat memperoleh manfaat ekonomi tanpa harus melakukan penebangan hutan secara besar-besaran. Jika dikelola dengan baik, HHBK dapat menjadi alternatif usaha yang lebih ramah terhadap lingkungan.

Hutan juga memiliki potensi ekonomi melalui ekowisata. Kawasan hutan yang mempunyai pemandangan alam, keanekaragaman flora dan fauna, serta keunikan ekosistem dapat dikembangkan sebagai tempat wisata. Kegiatan tersebut dapat menghasilkan pendapatan dari tiket masuk, jasa pemandu, penginapan, transportasi, makanan, maupun produk yang dijual oleh masyarakat sekitar. Dengan begitu, masyarakat dapat memperoleh keuntungan dari hutan tanpa harus merusak kawasan tersebut.

Selain itu, perkembangan isu perubahan iklim membuat kemampuan hutan dalam menyerap karbon juga mempunyai nilai ekonomi. Karbon yang diserap dan disimpan oleh hutan dapat dikaitkan dengan mekanisme perdagangan karbon dan nilai ekonomi karbon. Jika dilakukan dengan sistem yang transparan, manfaat ekonomi dari karbon dapat menjadi sumber

pembiayaan untuk menjaga hutan sekaligus memberikan manfaat kepada masyarakat yang terlibat dalam pengelolaannya.

Jadi, manfaat ekonomi hutan sebenarnya sangat luas. Hutan tidak harus dieksploitasi secara berlebihan untuk memberikan keuntungan. Justru, pemanfaatan hasil hutan bukan kayu, ekowisata, agroforestri, dan jasa lingkungan dapat menjadi pilihan agar keuntungan ekonomi tetap diperoleh tanpa menghilangkan fungsi ekologis hutan.

Manfaat Sosial Hutan

Hutan mempunyai hubungan yang sangat dekat dengan kehidupan masyarakat, terutama masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan hutan. Bagi sebagian masyarakat, hutan menjadi tempat untuk mendapatkan makanan, obat-obatan, bahan bangunan, bahan bakar, dan berbagai kebutuhan sehari-hari. Hutan juga menjadi sumber mata pencaharian melalui kegiatan pertanian, perkebunan, pengumpulan hasil hutan bukan kayu, serta kegiatan lainnya.

Bagi masyarakat adat, hubungan dengan hutan bahkan tidak hanya berkaitan dengan kebutuhan ekonomi. Hutan juga mempunyai nilai budaya dan menjadi bagian dari kehidupan masyarakat. Pengetahuan mengenai tumbuhan, aturan pemanfaatan sumber daya, serta kebiasaan menjaga kawasan tertentu merupakan bentuk kearifan lokal yang telah berkembang dalam kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, masyarakat adat dan masyarakat lokal seharusnya dilibatkan dalam pengelolaan hutan.

Kerusakan hutan dapat memberikan dampak langsung terhadap kehidupan masyarakat. Ketika hutan rusak, ketersediaan hasil hutan yang biasanya dimanfaatkan masyarakat dapat berkurang. Masyarakat juga dapat kehilangan sumber pendapatan dan mengalami kesulitan mendapatkan bahan pangan atau obat-obatan tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan hutan bukan hanya masalah lingkungan, tetapi juga dapat menjadi masalah sosial dan ekonomi.

Selain sebagai sumber penghidupan, hutan memberikan manfaat sosial melalui fungsi perlindungan lingkungan. Hutan membantu menjaga ketersediaan air, mengurangi erosi, serta menekan risiko banjir dan longsor. Dengan demikian, masyarakat yang berada di sekitar hutan maupun masyarakat yang tinggal jauh dari kawasan hutan tetap mendapatkan manfaat dari keberadaan hutan.

Tabel 3. Ringkasan Manfaat Ekonomi dan Sosial Hutan Indonesia

Dimensi	Bentuk Manfaat	Contoh/Keterangan
Ekonomi	Hasil hutan kayu	Bahan baku furnitur, konstruksi, pulp, kertas
	Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)	Rotan, bambu, madu, buah-buahan, tanaman obat, rempah
	Ekowisata	Tiket masuk, jasa pemandu, penginapan, produk lokal
	Perdagangan karbon (carbon trading)	Nilai ekonomi karbon sebagai sumber pembiayaan
Sosial	Sumber penghidupan & ketahanan pangan	Pangan, obat-obatan, bahan bangunan, bahan bakar
	Kearifan lokal masyarakat adat	Pengetahuan tumbuhan, aturan pemanfaatan sumber daya
	Perlindungan lingkungan	Menjaga ketersediaan air, mengurangi erosi, banjir, longsor

Sumber: Diolah dari hasil kajian pustaka.

Tantangan dan Peluang Pengelolaan Hutan Indonesia

Pengelolaan hutan Indonesia menghadapi berbagai tantangan yang saling berkaitan.

Deforestasi, kebakaran hutan, pembalakan liar, pertambangan, pembukaan perkebunan, dan perubahan penggunaan lahan menjadi beberapa faktor yang dapat mengurangi kualitas hutan. Selain itu, perubahan iklim juga dapat membuat kondisi ekosistem semakin sulit diprediksi dan meningkatkan risiko kebakaran maupun gangguan lainnya.

Salah satu masalah yang perlu diperhatikan adalah adanya kepentingan ekonomi jangka pendek yang terkadang lebih diutamakan dibandingkan keberlanjutan lingkungan. Pembukaan kawasan hutan memang dapat memberikan keuntungan ekonomi dalam waktu tertentu, tetapi jika dilakukan tanpa memperhatikan daya dukung lingkungan, kerugian yang muncul dalam jangka panjang dapat lebih besar. Hilangnya karbon, keanekaragaman hayati, sumber air, dan mata pencaharian masyarakat merupakan beberapa dampak yang dapat muncul.

Walaupun begitu, Indonesia juga mempunyai peluang untuk memperbaiki pengelolaan hutannya. Salah satunya melalui rehabilitasi hutan dan lahan yang telah mengalami kerusakan. Penanaman kembali perlu dilakukan dengan mempertimbangkan jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi ekosistem, bukan sekadar mengejar jumlah pohon yang ditanam. Pemulihan juga perlu mencakup tanah, tata air, dan habitat agar fungsi ekosistem dapat kembali.

Selain rehabilitasi, perhutanan sosial dapat menjadi salah satu pendekatan yang menggabungkan kepentingan lingkungan dengan kebutuhan masyarakat. Masyarakat diberikan kesempatan untuk mengelola hutan secara legal dan bertanggung jawab sehingga mereka dapat memperoleh manfaat ekonomi sekaligus mempunyai peran dalam menjaga kawasan tersebut.

Pengembangan agroforestri, ekowisata, hasil hutan bukan kayu, dan perdagangan karbon juga dapat menjadi peluang. Pendekatan ini memberikan pilihan pendapatan yang tidak selalu bergantung pada penebangan pohon. Dengan adanya sumber pendapatan alternatif, tekanan terhadap hutan dapat dikurangi.

Hal ini sejalan dengan pembahasan Damiti et al. (2025) bahwa upaya menjaga stabilitas ekosistem hutan membutuhkan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada perlindungan lingkungan, tetapi juga mempertimbangkan keterlibatan masyarakat, pemulihan ekosistem, dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

Dengan demikian, pengelolaan hutan yang baik bukan berarti hutan tidak boleh dimanfaatkan sama sekali. Hutan tetap dapat dimanfaatkan, tetapi pemanfaatannya harus memperhatikan batas kemampuan ekosistem. Pemerintah, masyarakat, pelaku usaha, dan pihak terkait perlu bekerja sama agar manfaat hutan dapat dirasakan sekarang tanpa mengurangi kemampuan generasi berikutnya untuk memperoleh manfaat yang sama.

KESIMPULAN

Hutan mempunyai peran penting dalam menjaga keseimbangan siklus karbon sekaligus mempertahankan stabilitas ekosistem. Melalui proses fotosintesis, vegetasi hutan menyerap karbon dioksida dan menyimpannya dalam biomassa, tanah, serta serasah. Sebaliknya, deforestasi, kebakaran, pembalakan liar, pertambangan, dan perubahan penggunaan lahan dapat mengurangi kemampuan hutan dalam menyimpan karbon serta meningkatkan emisi. Kondisi hutan Indonesia juga berkaitan erat dengan keanekaragaman hayati, tata air, kualitas tanah, dan kehidupan masyarakat. Dari sisi ekonomi, hutan dapat memberikan pendapatan melalui hasil kayu, hasil hutan bukan kayu, ekowisata, agroforestri, dan jasa lingkungan. Dari sisi sosial, hutan menyediakan sumber penghidupan, mendukung masyarakat lokal dan masyarakat adat, serta memberikan perlindungan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan hutan perlu dilakukan dengan pendekatan yang seimbang antara kepentingan ekologis, ekonomi, dan sosial. Upaya seperti rehabilitasi hutan, perlindungan habitat, pengembangan agroforestri, ekowisata, konservasi mangrove, dan keterlibatan masyarakat perlu diperkuat. Kajian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan data sekunder dan belum menggambarkan kondisi setiap wilayah secara langsung. Penelitian selanjutnya

dapat menggunakan data lapangan untuk mengukur secara lebih spesifik manfaat ekonomi, sosial, dan kemampuan penyimpanan karbon pada berbagai tipe hutan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2023). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Damiti, R. A., Pakaya, P., Prasetyo, M. H., Baderan, D. W. K., & Utina, R. (2025). Stabilitas ekosistem hutan Indonesia dalam menghadapi deforestasi dan kerusakan lingkungan: Tinjauan literatur. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman dan Agribisnis*, 2(2), 176–188.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., & Olsen, A. (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811–4900.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Laporan Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2022*. KLHK Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Indonesia's FOLU Net Sink 2030 Operational Plan*. KLHK Republik Indonesia.
- Margono, B. A., Potapov, P. V., Turubanova, S., Stolle, F., & Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2002–2012. *Nature Climate Change*, 4(8), 730–735.
- Murdiyarso, D. dan I.N.N Suryadiputra. 2004. Paket Informasi Praktis: Perubahan iklim dan peranan lahan gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., Manuri, S., Krisnawati, H., & Taberima, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5(12), 1089–1092.
- Murniati, M., & Suharti, S. (2021). Peluang dan tantangan pengelolaan perhutanan sosial dalam mendukung kesejahteraan masyarakat dan kelestarian hutan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 18(2), 85–99.
- Nurfatriani, F., Dharmawan, A. H., Kartodihardjo, H., & Kolopaking, L. M. (2018). Redesigning fiscal policy for REDD+ implementation in Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 92, 130–141.
- Page, S. E., & Hooijer, A. (2016). In the line of fire: the peatlands of Southeast Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 20150176.
- Purnomo, H., Okarda, B., Dermawan, A., Qwan, M. A., Ilham, Q. P., Pacheco, P., & Nurfatriani, F. (2020). Reconciling oil palm economic benefits and deforestation reduction in Indonesia. *Medio Ambiente y Urbanización*, 91(1), 167–188.
- Resosudarmo, B. P., Yeury, M., & Utamo, N. A. (2019). Political economy of forest management and climate change in Indonesia. *Asian Economic Policy Review*, 14(2), 295–313.
- Sassen, G. P., & Boer, R. (2020). Carbon stock assessments across different forest canopy structures in tropical ecosystems. *Journal of Tropical Forest Science*, 32(3), 241–253.
- Stone S, Leon MC, Fredericks P. 2010. Perubahan Iklim dan Peran Hutan; Manual Komunitas, Conservation International.
- Tacconi, L., & Muttaqin, M. Z. (2019). Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD+) in Indonesia: Challenges and opportunities. *Forest Policy and Economics*, 108, 101982.

Wijaya, A., Chryssanthacopoulos, J., Basyuni, M., & Juliane, R. (2020). Assessing the economic value of non-timber forest products and ecosystem services in Indonesian tropical forests. *Environmental Science & Policy*, 114, 421–430.