

JEJAK EKOLOGI DAN JEJAK KARBON MAHASISWA KEHUTANAN SEBAGAI GAMBARAN DAMPAK AKTIVITAS INDIVIDU TERHADAP LINGKUNGAN

Shafira Hanindita¹⁾, Sister Sianturi^{1*)}

¹⁾Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis, Universitas Mulawarman

*Corresponding author, email: ssianturi@fahutan.unmul.ac.id

Abstract

Ecological footprint and carbon footprint are essential indicators for assessing the environmental impact of individual activities, as they reflect the level of natural resource consumption and the resulting carbon emissions. This study aims to analyse the levels of ecological and carbon footprints and examine the relationship between these two indicators to illustrate the contribution of individual activities to environmental pressure. The study employed a survey approach involving 296 respondents. Data collection was conducted through online questionnaires. The data were then analysed descriptively to determine mean values, minimum and maximum values, and category distributions, while the relationship between variables was analysed using the Spearman correlation test. The results indicate that the average ecological footprint of respondents is 2.31, with a minimum value of 0.03 and a maximum of 9.83. Meanwhile, the average carbon footprint is 0.92, with a minimum of 0.00 and a maximum of 5.47. Category distribution shows that the majority of respondents fall into the low ecological footprint category (47%), followed by moderate (34%) and high (19%) categories. A different pattern was observed in carbon footprints, where the majority of respondents are in the moderate category (49%), while the low and high categories account for 23% and 28%, respectively. The Spearman correlation test results demonstrate that there is no significant relationship between the ecological footprint and carbon footprint ($\rho = 0.059$; $p = 0.322$; $N = 286$). These findings suggest that the two indicators represent distinct dimensions of environmental impact, necessitating separate analyses in efforts to promote more sustainable consumption behaviour.

Keywords: Carbon footprint, Ecological footprint, Sustainability

Abstrak

Jejak ekologi dan jejak karbon merupakan indikator penting dalam menilai dampak aktivitas individu terhadap lingkungan karena mencerminkan tingkat konsumsi sumber daya alam dan emisi karbon yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat jejak ekologi dan jejak karbon serta menguji hubungan antara kedua indikator tersebut sebagai gambaran kontribusi aktivitas individu terhadap tekanan lingkungan. Penelitian menggunakan pendekatan survei yang melibatkan 296 responden. Pengumpulan data dilakukan melalui pengisian kuesioner secara daring. Data kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui nilai rata-rata, nilai minimum dan maksimum, serta distribusi kategori, sementara hubungan antarvariabel dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata jejak ekologi responden sebesar 2,31 dengan nilai minimum 0,03 dan maksimum 9,83. Sementara itu, rata-rata jejak karbon sebesar 0,92 dengan nilai minimum 0,00 dan maksimum 5,47. Distribusi kategori menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kategori jejak ekologi rendah (47%), diikuti kategori sedang (34%) dan tinggi (19%). Pola berbeda ditemukan pada jejak karbon, di mana mayoritas responden berada pada kategori sedang (49%), sedangkan kategori rendah dan tinggi masing-masing sebesar 23% dan 28%. Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara jejak ekologi dan jejak karbon ($\rho = 0,059$; $p = 0,322$; $N = 286$). Temuan ini menunjukkan bahwa kedua indikator merepresentasikan dimensi dampak lingkungan yang berbeda sehingga perlu dianalisis secara terpisah dalam upaya mendorong perilaku konsumsi yang lebih berkelanjutan.

Katakunci: Jejak Ekologi, Jejak Karbon, Keberlanjutan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global dan berkembangnya gaya hidup konsumtif dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan tekanan yang cukup tinggi terhadap biosfer bumi. Aktivitas manusia turut menjadi salah satu faktor terjadinya perubahan sistem

alamiah. Aktivitas manusia yang cenderung konsumtif berpotensi melampaui batas-batas ekologis yang mampu ditoleransi planet ini. Pemahaman mengenai bagaimana aktivitas individu berkontribusi terhadap degradasi lingkungan menjadi sangat krusial di tengah isu krisis iklim dan lingkungan yang terus berkembang saat ini. Instrumen yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan dampak tersebut adalah melalui konsep jejak ekologi (*ecological footprint*) dan jejak karbon (*carbon footprint*).

Jejak ekologi mengukur seberapa banyak area daratan dan perairan produktif biologis yang dibutuhkan untuk menyediakan sumber daya yang dikonsumsi serta menyerap limbah manusia (Djatayu et al., 2025; Marganingrum, 2019). Konsep digunakan dalam salah satu pendekatan analisis berdasarkan dua konsep fundamental meliputi keberlanjutan (*sustainability*) dan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) sebagai dampak dari adanya tekanan penduduk terhadap bumi atau dunia (Dias De Oliveira et al., 2005; Rusli & Indriana, 2009). Menurut Wackernagel et al. (2019), terdapat kesenjangan lebar antara biokapasitas bumi dengan kebutuhan manusia, di mana saat ini umat manusia menggunakan sumber daya setara dengan 1,75 kali kapasitas regenerasi bumi. Hal ini dipertegas oleh Rees (2020) yang menyatakan bahwa ketergantungan manusia pada sumberdaya alam telah menciptakan utang ekologis yang mengancam stabilitas jangka panjang ekosistem global.

Selain jejak ekologis, jejak karbon menjadi salah satu diskursus dalam isu pemanasan global. Wiedmann & Minx (2008) menegaskan bahwa jejak karbon adalah gambaran langsung dari ketergantungan individu terhadap energi fosil. Urgensi analisis ini semakin nyata mengingat hasil penelitian Hertwich & Peters (2009) menunjukkan bahwa sekitar 72% dari emisi gas rumah kaca global terkait langsung dengan konsumsi rumah tangga, mulai dari penggunaan energi hingga pola makan.

Pentingnya menganalisis kedua indikator ini bukan sekadar untuk data statistik, melainkan mewujudkan adanya transformasi perilaku. Lin et al. (2018) mengemukakan bahwa pemahaman jejak ekologi memungkinkan identifikasi sektor kritis yang memerlukan intervensi. Strategi mitigasi yang efektif harus dimulai dari penghitungan yang presisi di tingkat tapak untuk mencapai target *net-zero emission*. Tanpa kesadaran akan dampak aktivitas individual, upaya mitigasi tingkat makro akan sulit mencapai hasil optimal.

Fokus penelitian ini menjadi semakin relevan ketika dikontekskan pada mahasiswa program studi kehutanan. Sebagai calon praktisi dan akademisi yang dipersiapkan untuk mengelola sumber daya alam, mahasiswa kehutanan memiliki tanggung jawab moral dan profesional untuk menginternalisasi nilai-nilai keberlanjutan dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat sebuah paradoks yang menarik untuk dikaji apabila seorang agen konservasi memiliki jejak ekologi yang tinggi akibat pola konsumsi yang tidak efisien. Sebagaimana ditekankan dalam studi mengenai pendidikan lingkungan oleh Saylan dan Blumstein (2011), literasi lingkungan tidak hanya diukur dari penguasaan teori di ruang kelas, tetapi juga dari keselarasan antara pengetahuan teknis dengan perilaku nyata dalam mereduksi beban lingkungan individu. Oleh karena itu, menganalisis jejak karbon dan ekologi mahasiswa kehutanan merupakan langkah krusial

untuk mengevaluasi sejauh mana kesadaran ekologis telah bertransformasi menjadi gaya hidup yang selaras dengan prinsip-prinsip kelestarian hutan yang mereka pelajari.

Penelitian ini bertujuan menjawab bagaimana aktivitas keseharian individu digambarkan dalam nilai jejak ekologi dan karbon. Dengan memahami gambaran dampak tersebut, diharapkan tercipta landasan bagi strategi keberlanjutan yang lebih personal dan efektif guna memastikan ketersediaan sumber daya bagi generasi mendatang.

METODE PENELITIAN

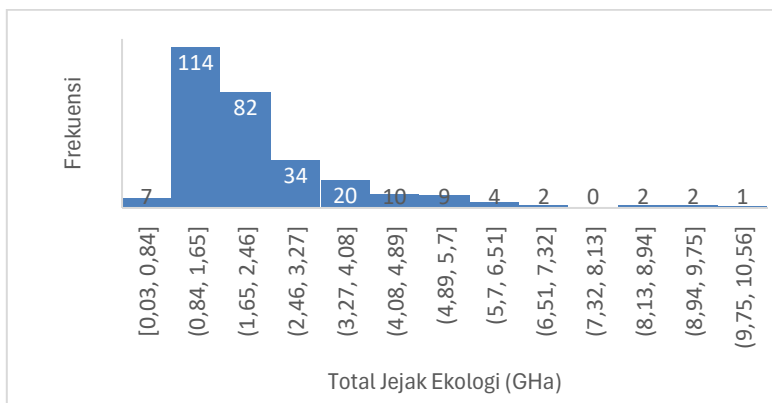
Penelitian ini dilakukan di lingkungan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis Universitas Mulawarman pada bulan Maret – April 2026 yang meliputi pengambilan data dan analisis data. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu survei yang melibatkan responden sebanyak 296 mahasiswa. Responden ditentukan dengan metode *purposive sampling*. Pertimbangan pemilihan sampel mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Perlindungan dan Pelestarian Alam (PPA). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kuisioner daring melalui web *Greencred.me* untuk jejak ekologi dan web *CarbonFootprint.com* untuk jejak karbon.

Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis dengan statistik deskriptif sederhana untuk mengetahui nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan distribusi kategori. Selain itu, dilakukan uji korelasi Spearman untuk mengetahui hubungan antara jejak ekologi dengan jejak karbon. Kategori jejak karbon dan jejak ekologi dibagi menjadi 3 kategori meliputi: rendah, sedang dan tinggi. Untuk jejak karbon kategori rendah jika nilai total ≤ 0.5 , sedang ≤ 1 , tinggi > 1 (tCO₂e), sedangkan untuk kategori jejak ekologi yaitu: rendah $< 1,7$, sedang ≤ 3 , tinggi > 3 (gha) (Djatayu et al., 2025).

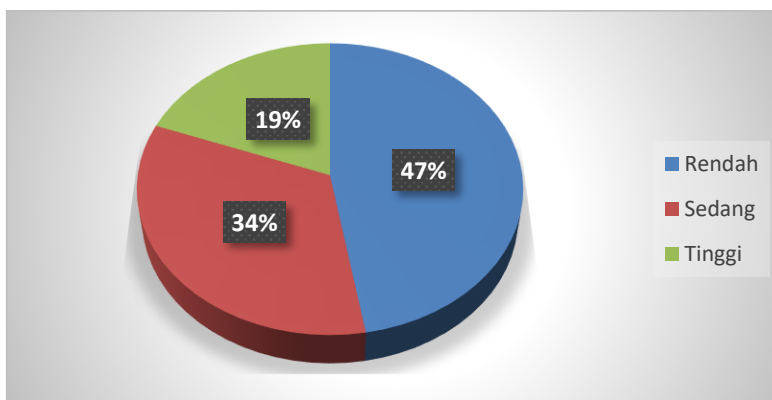
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jejak Ekologis

Berdasarkan analisis data dari seluruh responden didapatkan informasi nilai rata-rata jejak ekologis sebesar 2,31 GHa. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan lahan produktif untuk menopang aktivitas responden telah melampaui biokapasitas global yang berkisar 1,7 GHa per kapita. Kondisi ini mengindikasikan terjadinya defisit ekologis, sehingga pola konsumsi yang dilakukan belum berada pada tingkat yang berkelanjutan. Diperlukan upaya untuk menekan tingkat konsumsi sumber daya melalui perubahan perilaku yang lebih ramah lingkungan.



Gambar 1. Jejak ekologi mahasiswa kehutanan FKLT



Gambar 2. Sebaran kategori jejak ekologi mahasiswa kehutanan FKLT

Distribusi kategori jejak ekologi menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kategori rendah (47%), diikuti kategori sedang (33 %), dan tinggi (19 %). Responden dengan nilai tinggi dapat dipengaruhi oleh faktor gaya hidup seperti konsumsi energi, pola transportasi, konsumsi pangan, serta tingkat konsumsi barang dan jasa (Hoekstra & Wiedmann, 2014). Sebaliknya, responden dengan nilai rendah mencerminkan pola hidup yang lebih hemat sumber daya, seperti intensitas penggunaan transportasi atau tingkat konsumsi barang yang lebih rendah.

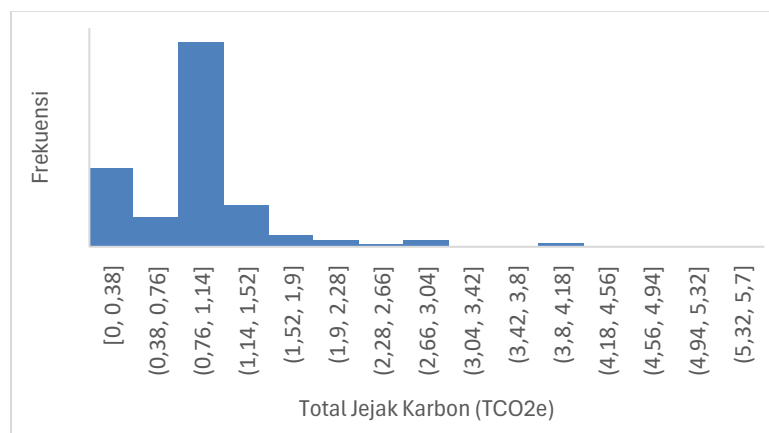
Dominasi kategori rendah (47%) menunjukkan adanya potensi kesadaran lingkungan yang cukup baik di kalangan mahasiswa. Namun, adanya 19% responden dalam kategori tinggi perlu menjadi perhatian penting, karena kelompok tersebut memiliki kontribusi terhadap tekanan ekologis secara keseluruhan. Fenomena ini sejalan dengan temuan bahwa sebagian kecil populasi seringkali menyumbang dampak lingkungan yang tidak proporsional terhadap total jejak ekologis (Hoekstra & Wiedmann, 2014).

Selain itu, nilai rata-rata yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa mahasiswa berada dalam fase transisi antara gaya hidup konvensional dan berkelanjutan. Menurut (Masson-Delmotte et al., 2021), perubahan perilaku individu, khususnya pada kelompok usia muda dengan latar belakang pendidikan tertentu seperti mahasiswa, memiliki peran strategis dalam menurunkan tekanan terhadap lingkungan (Pudianti & Vitasurya, 2019) melalui perubahan pola konsumsi dan efisiensi penggunaan sumber

daya. Hasil ini menegaskan pentingnya intervensi untuk menekan proporsi kelompok dengan gaya hidup konvensional dan mendorong lebih banyak mahasiswa berada pada kategori jejak ekologi rendah. Upaya tersebut tidak hanya berdampak pada penurunan jejak ekologi individu, tetapi juga berkontribusi terhadap pencapaian keberlanjutan lingkungan secara lebih luas.

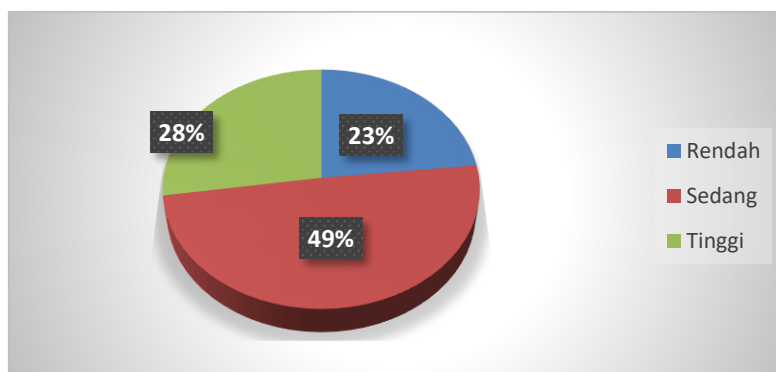
Jejak Karbon

Berdasarkan hasil analisis terhadap 296 responden mahasiswa, diperoleh nilai rata-rata jejak karbon sebesar 0,92 tCO₂e dengan standar deviasi sebesar 0,71. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum tingkat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh mahasiswa tergolong rendah, mengindikasikan bahwa aktivitas sehari-hari responden relatif tidak menghasilkan emisi yang besar.



Gambar 3. Jejak karbon mahasiswa kehutanan FKLT

Nilai minimum sebesar 0,00 tCO₂e menunjukkan adanya responden dengan aktivitas yang hampir tidak menghasilkan emisi terukur, sedangkan nilai maksimum sebesar 5,47 tCO₂e mengindikasikan adanya variasi yang cukup besar antar individu dalam menghasilkan emisi. Jejak karbon individu sangat dipengaruhi oleh gaya hidup, pola konsumsi, serta tingkat penggunaan energi (Handayani et al., 2021; Sagala et al., 2017).



Gambar 4. Sebaran kategori jejak karbon mahasiswa kehutanan FKLT

Berdasarkan hasil kategorisasi sebanyak 69 responden (23%) termasuk kategori rendah, 146 responden (49%) termasuk kategori sedang, 81 responden (27%) termasuk

kategori tinggi. Distribusi ini menunjukkan bahwa mayoritas responden berada pada kategori sedang, yang berarti sebagian besar mahasiswa menghasilkan emisi dalam tingkat moderat.

Nilai rata-rata jejak karbon yang relatif rendah (0,92 tCO₂e) menunjukkan bahwa secara umum mahasiswa memiliki pola aktivitas yang belum memberikan tekanan besar terhadap lingkungan, khususnya dalam konteks emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Hasil ini lebih rendah dibandingkan rata-rata jejak karbon global per kapita yang berada pada kisaran 4–5 tCO₂e per tahun, sehingga menunjukkan bahwa kelompok mahasiswa cenderung memiliki gaya hidup dengan intensitas emisi yang lebih kecil.

Rendahnya nilai rata-rata ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti keterbatasan mobilitas mahasiswa, penggunaan transportasi bersama atau umum, serta tingkat konsumsi energi rumah tangga yang relatif rendah. Menurut Olhoff & Christensen (2020) sektor konsumsi rumah tangga dan transportasi merupakan penyumbang utama emisi karbon individu, sehingga perubahan kecil dalam kedua aspek ini dapat secara signifikan menurunkan jejak karbon.

Namun demikian, distribusi kategori menunjukkan bahwa 27 % responden berada pada kategori tinggi, yang mengindikasikan adanya kelompok mahasiswa dengan gaya hidup yang lebih intensif energi. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Jones & Kammen (2011) yang menyatakan bahwa terdapat ketimpangan signifikan dalam distribusi emisi individu, di mana sebagian kecil populasi menyumbang emisi yang jauh lebih besar dibandingkan kelompok lainnya.

Dominasi kategori sedang (49%) menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada kondisi transisi menuju perilaku yang lebih berkelanjutan. Kondisi ini memberikan peluang strategis untuk intervensi melalui edukasi lingkungan dan perubahan perilaku. Menurut Global Footprint Network, peningkatan kesadaran individu terhadap dampak aktivitas sehari-hari dapat mendorong pengurangan jejak karbon secara signifikan melalui perubahan gaya hidup.

Rentang nilai yang cukup lebar (0,00–5,47 tCO₂e) mengindikasikan adanya heterogenitas perilaku antar responden. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh faktor sosial-ekonomi, akses terhadap teknologi, serta preferensi konsumsi. Studi oleh Hertwich & Peters (2009) juga menegaskan bahwa perbedaan pendapatan dan pola konsumsi menjadi determinan utama dalam variasi jejak karbon individu.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa meskipun rata-rata jejak karbon tergolong rendah, masih terdapat proporsi signifikan mahasiswa dengan emisi tinggi yang berpotensi meningkatkan kontribusi terhadap Pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan berbasis perilaku, seperti efisiensi energi, penggunaan transportasi berkelanjutan, dan perubahan pola konsumsi, guna menekan emisi secara lebih merata di seluruh kelompok responden.

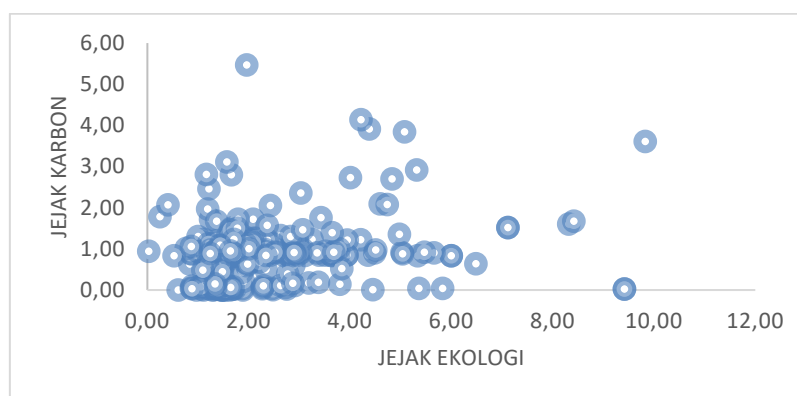
Hubungan Jejak Ekologis dan Jejak Karbon

Berdasarkan hasil uji korelasi Spearman, diperoleh nilai koefisien korelasi (ρ) sebesar 0,059 dengan nilai signifikansi (Sig. = 0,322). Nilai signifikansi tersebut lebih besar dari tingkat $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel jejak ekologis dan jejak karbon.

Correlations				
			VAR00001	VAR00002
Spearman's rho	VAR00001	Correlation Coefficient	1.000	.059
		Sig. (2-tailed)	.	.322
		N	287	286
	VAR00002	Correlation Coefficient	.059	1.000
		Sig. (2-tailed)	.322	.
		N	286	287

Gambar 5. Hasil uji korelasi Spearman jejak ekologis dan jejak karbon

Nilai koefisien korelasi sebesar 0,059 juga menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat sangat lemah. Secara statistik, hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan atau penurunan jejak karbon tidak diikuti secara konsisten oleh perubahan pada jejak ekologis.



Gambar 6. Grafik korelasi jejak ekologis dan jejak karbon

Temuan ini memperkuat hasil analisis sebelumnya, di mana jejak ekologis responden tergolong cukup tinggi (2,31 GHa), sementara jejak karbon relatif rendah (0,92 tCO₂e). Ketidaksignifikanan hubungan ini menunjukkan bahwa jejak karbon bukan merupakan faktor dominan yang memengaruhi besarnya jejak ekologis dalam konteks penelitian ini. Secara konseptual, hasil ini dapat dijelaskan karena jejak ekologis merupakan indikator yang bersifat multidimensi, yang tidak hanya mencakup emisi karbon, tetapi juga berbagai komponen lain. Menurut Wiedmann & Minx (2008), jejak karbon hanya merepresentasikan sebagian dari total tekanan ekologis, sehingga analisis yang lebih komprehensif memerlukan pendekatan jejak ekologis secara keseluruhan. Berdasarkan hasil analisis, tingginya jejak ekologis dapat dikaitkan dengan pola konsumsi yang masih belum efisien, terutama dalam aspek non-energi. Misalnya, konsumsi produk berbasis sumber daya alam, limbah makanan, serta penggunaan barang

sekali pakai dapat berkontribusi signifikan terhadap peningkatan jejak ekologis tanpa secara langsung meningkatkan emisi karbon secara signifikan (Hoekstra & Wiedmann, 2014).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa mahasiswa kehutanan memiliki rata-rata jejak ekologi sebesar 2,31 GHa yang telah melampaui biokapasitas global, sementara rata-rata jejak karbon mereka tergolong rendah yakni 0,92 tCO₂e. Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara kedua indikator tersebut ($\rho = 0,059$; $p = 0,322$), yang mengindikasikan bahwa jejak ekologi dan jejak karbon merepresentasikan dimensi dampak lingkungan yang berbeda. Kondisi ini menegaskan perlunya analisis terpisah dan strategi intervensi yang spesifik, baik melalui edukasi maupun kebijakan kampus hijau, untuk menekan defisit ekologis akibat pola konsumsi sumber daya non-energi yang belum berkelanjutan.

SARAN

Berdasarkan informasi nilai jejak ekologis dan jejak karbon yang diperoleh dari penelitian ini dapat disusun beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya intervensi berupa edukasi lingkungan yang lebih intensif untuk membantu mahasiswa mentransformasi pengetahuan teknis mereka menjadi gaya hidup nyata yang rendah emisi dan hemat sumber daya.
2. Memperkuat kebijakan kampus hijau, seperti penyediaan fasilitas transportasi umum/bersama, pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, dan pengelolaan limbah yang lebih baik untuk menekan nilai jejak ekologi.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggali lebih dalam faktor sosial-ekonomi atau preferensi konsumsi spesifik yang menyebabkan heterogenitas nilai jejak lingkungan antar individu.

DAFTAR PUSTAKA

- Dias De Oliveira, M. E., Vaughan, B. E., & Rykiel, E. J. (2005). Ethanol as fuel: energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint. *BioScience*, 55(7), 593–602.
- Djatayu, M. A., Susilowati, I., Furoida, A. N., & Musliha, C. (2025). Estimation Of Carbon Footprint Emission Consumption In Electricity From Individual Student: Case Study In Department Of Economics, Universitas Diponegoro. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(5), 1292–1298.
- Handayani, L., Abdullah, M., Solichin, S., & Arifin, M. S. (2021). Kajian Jejak Karbon (Carbon Footprint) di FMIPA Universitas Negeri Semarang. *Indonesian Journal of Conservation*, 10(1), 48–52.
- Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology*, 43(16), 6414–6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>
- Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014). Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114–1117. <https://doi.org/10.1126/science.1248365>

- Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities. *Environmental Science & Technology*, 45(9), 4088–4095. <https://doi.org/10.1021/es102221h>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. S., Martindill, J., Medouar, F.-Z., Huang, S., & Wackernagel, M. (2018). Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018. In *Resources* (Vol. 7, Issue 3, p. 58). <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- Marganingrum, D. (2019). Jejak Ekologis Kawasan Regional Bandung Ecological Footprint of Bandung Regional Area. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol, 20(2), 159.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., & Gomis, M. I. (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*, 2(1), 2391.
- Olhoff, A., & Christensen, J. M. (2020). *Emissions gap report 2020*.
- Pudianti, A., & Vitasurya, V. R. (2019). Pendekatan antropologi sebagai penyeimbang model perhitungan jejak ekologis di Desa Wisata. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 4(1), 33–44.
- Rees, W. E. (2020). *The Earth Is Telling Us We Must Rethink Our Growth Society| The Tyee*.
- Rusli, S., & Indriana, H. (2009). Tekanan Penduduk, Overshoot Ekologi Pulau Jawa, dan Masa Pemulihannya. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 3(1).
- Sagala, S., Sutrisno, E., & Andarani, P. (2017). *Kajian jejak karbon dari aktivitas kampus di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*. Diponegoro University.
- Wackernagel, M., Beyers, B., & Rout, K. (2019). *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*. New Society Publishers.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of ‘carbon footprint.’ *Ecological Economics Research Trends*, 1(2008), 1–11.