

Analisis Spasial Pengaruh Ekonomi Digital terhadap Kualitas Lingkungan Hidup di Indonesia

Spatial Analysis of the Effect of the Digital Economy on Environmental Quality in Indonesian

Hanifah Putri Rosanti,¹ Fitri Kartiasih,² & Ikhlasul A'mal³

¹hanifah.putri@bps.go.id

BPS-Statistics of North Kolaka Regency

Jl. Protokol Poros DPRD Lasusua, North Kolaka, Southeast Sulawesi, Indonesia

²fkartiasih@stis.ac.id (corresponding author)

Politeknik Statistika STIS

Jl. Otto Iskandardinata No.64C Jakarta, Indonesia

³3212112105@stis.ac.id

Politeknik Statistika STIS

Jl. Otto Iskandardinata No.64C Jakarta, Indonesia

Received: September 2, 2023 | Revised: January 29, 2025 | Published: December 31, 2025

Abstract: Currently, all countries in the world are still facing serious challenges related to environmental issues, which are largely caused by unsustainable economic activities. This issue also occurs in Indonesia, where economic development often still neglects environmental sustainability aspects. In this context, the development of the digital economy is believed to have the potential to provide solutions through efficient resource use and emission reduction. However, studies on the impact of the digital economy on environmental quality, particularly those considering spatial dimensions, are still scarce in Indonesia. This study aims to describe the environmental quality and the digital economy in Indonesia, identify spatial autocorrelation patterns, and analyze the impact of the digital economy on the environmental quality during the period 2015–2021. This research uses secondary data obtained from BPS and KemenLHK, which is analyzed using the spatial panel regression method. The research results indicate an inconsistent or weak relationship between the digital economy and socio-economic variables on environmental quality. Additionally, a spatial relationship was found, indicated by the clustering pattern of IKLH between provinces in Indonesia. The use of mobile phones and e-commerce contributes positively to the environmental quality, while the use of social media and population density negatively impacts the environmental quality. These findings emphasize the importance of utilizing environmentally friendly energy in the digital economy to ensure sustainable economic growth. Moreover, balanced spatial governance policies between built-up areas and green open spaces are needed to maintain the quality of the living environment in Indonesia.

Keywords: digital economy; environmental quality; social media; spatial econometrics



This is an open-access article under Creative Commons

Attribution-NonCommercial-ShareAlike License

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.id>

Abstrak: Saat ini, seluruh negara di dunia masih menghadapi tantangan serius terkait permasalahan lingkungan, yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas ekonomi yang tidak berkelanjutan. Masalah ini juga terjadi di Indonesia, di mana pembangunan ekonomi sering kali masih mengabaikan aspek keberlanjutan lingkungan. Dalam konteks ini, perkembangan ekonomi digital diyakini memiliki potensi untuk memberikan solusi melalui efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan emisi. Namun, kajian mengenai pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup, khususnya yang mempertimbangkan dimensi spasial, masih belum banyak ditemukan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kualitas lingkungan hidup dan ekonomi digital di Indonesia, mengidentifikasi pola autokorelasi spasial, dan menganalisis pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup pada periode 2015–2021. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BPS dan KemenLHK yang dianalisis dengan metode regresi panel spasial. Hasil penelitian menunjukkan adanya indikasi hubungan yang tidak konsisten atau tidak kuat antara ekonomi digital dan variabel sosial ekonomi terhadap kualitas lingkungan hidup. Selain itu, ditemukan adanya hubungan spasial yang ditunjukkan oleh pola pengelompokan IKLH antarprovinsi di Indonesia. Penggunaan telepon seluler dan e-commerce berkontribusi positif terhadap kualitas lingkungan hidup, sedangkan penggunaan media sosial dan kepadatan penduduk berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan hidup. Temuan ini menekankan pentingnya pemanfaatan energi ramah lingkungan dalam ekonomi digital untuk memastikan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Selain itu, diperlukan kebijakan tata kelola ruang yang seimbang antara kawasan terbangun dan ruang terbuka hijau guna menjaga kualitas lingkungan hidup di Indonesia.

Kata kunci: ekonometrika spasial; ekonomi digital; kualitas lingkungan hidup; media sosial

Pendahuluan

Pelestarian dan keberlanjutan lingkungan merupakan isu yang banyak menjadi perhatian dunia internasional (Adebayo & Kirikkaleli, 2021). Negara-negara di dunia masih dihadapkan dengan persoalan lingkungan, utamanya yang disebabkan oleh aktivitas ekonomi (Majeed & Luni, 2019). Masalah lingkungan sebagai akibat aktivitas manusia dan kaitannya dengan pembangunan ekonomi telah lama menjadi perhatian dunia (Kartasih & Setiawan, 2020). Pada 1987, World Commission on Environment and Development (WCED) menerbitkan *Brundtland Report* yang mempopulerkan istilah pembangunan berkelanjutan. United Nations on Environment Programme (UNEP) pada akhir 2008 menginisiasi ekonomi hijau yang merupakan pelengkap konsep pembangunan berkelanjutan dan berperan sebagai motor utama pembangunan berkelanjutan (Zulfikar et al., 2019). Berdasarkan konsep dari UNEP, ekonomi hijau secara sederhana diartikan sebagai perekonomian yang rendah karbon, hemat sumber daya alam, dan berkeadilan sosial. Ekonomi hijau merupakan suatu bentuk ekonomi yang mampu meningkatkan kondisi kehidupan manusia dan keadilan sosial, serta mengurangi risiko lingkungan dan kelangkaan sumber daya alam (Zulfikar et al., 2019). Saat ini, negara di dunia tengah berupaya untuk mendorong perekonomian yang berlandaskan ekonomi hijau untuk mengurangi *trade-off* antara kualitas lingkungan dan pembangunan ekonomi.

Sehubungan dengan konsep ekonomi hijau, pembangunan di Indonesia memiliki dampak yang saling bertentangan yakni dampak positif dan dampak negatif (Maryunani, 2018). Dampak positifnya adalah meningkatnya pertumbuhan ekonomi, sedangkan

dampak negatifnya adalah menurunnya kualitas lingkungan hidup. Untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang tinggi sering kali mengabaikan daya dukung lingkungan. Akibatnya, pembangunan ekonomi semacam ini hanya menguntungkan dalam jangka pendek, selebihnya meninggalkan banyak dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya alam secara efektif, efisien, optimal, dan berkelanjutan menjadi sangat penting bagi keberlanjutan pertumbuhan ekonomi suatu negara (Miswa & Kartasih, 2025; Saleh et al., 2020).

Indonesia memiliki kekayaan alam berlimpah, yang mana kegiatan perekonomian-nya bergantung pada konsumsi sumber daya alam. Namun, eksploitasi sumber daya alam secara tak berkelanjutan melalui industrialisasi, pertanian, pertambangan, dan penggundulan hutan berdampak buruk terhadap lingkungan (Danish et al., 2019; Priabadi & Kartasih, 2020). Tantangan utama yang dihadapi Indonesia adalah mencapai keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan, di mana sektor industri, pertanian, dan pertambangan masih menjadi penyumbang terbesar terhadap pendapatan domestik bruto (PDB) tetapi sekaligus menjadi kontributor utama terhadap kerusakan lingkungan.

Berdasarkan hasil pemantauan hutan Indonesia 2021–2022 oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KemenLHK), tingkat deforestasi Indonesia mencapai 104 ribu hektare. Selain itu, bauran energi primer Indonesia didominasi oleh batu bara sebesar 42,38 persen, minyak bumi 31,40 persen, gas 13,92 persen, dan energi baru terbarukan (EBT) yang hanya sebesar 12,30 persen (ESDM, 2023). Ketergantungan pada energi fosil ini menyebabkan sektor energi dan transportasi berkontribusi terhadap 50,6 persen dari total emisi di Indonesia pada tahun 2022, atau sekitar 1 gigaton CO₂eq. Hal tersebut menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi terus meningkat, tekanan terhadap lingkungan masih menjadi tantangan besar bagi Indonesia dalam mencapai pembangunan berkelanjutan.

Sejalan dengan kondisi sebelumnya, kualitas lingkungan di Indonesia masih tergolong rendah, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai *environmental performance index* (EPI) pada 2022, di mana Indonesia menempati urutan ke 164 dari 180 negara dengan skor sebesar 28,2 (McCall MacBain Foundation, 2022). Peringkat tersebut mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan hidup di Indonesia tergolong rendah. Upaya untuk melakukan pembangunan dengan memperhatikan kualitas lingkungan hidup merupakan salah satu tujuan ke-11 Sustainable Development Goals (SDGs) yaitu membangun kota dan permukiman yang inklusif, aman, tahan lama, dan berkelanjutan di mana salah satu caranya adalah dengan memperhatikan keseimbangan antara ekonomi, lingkungan, dan bidang lainnya. Selain itu, upaya meningkatkan lingkungan hidup, meningkatkan ketahanan bencana dan perubahan iklim, dan menerapkan pendekatan pembangunan karbon merupakan salah satu prioritas dalam RPJMN 2020–2024. Oleh karena itu, pembangunan sosial ekonomi dan kaitannya dengan lingkungan menjadi isu penting di Indonesia.

Kegiatan ekonomi dunia saat ini mulai mengalami transformasi ke arah digitalisasi akibat dari adanya perkembangan pesat teknologi informasi dan komunikasi (Sugiono, 2020). Teknologi, informasi, dan komunikasi (TIK) telah dikembangkan dan digunakan di seluruh dunia sebagai faktor utama produksi (Gayatri & Kartasih, 2024) serta dikombinasikan dengan berbagai kegiatan ekonomi untuk menciptakan bentuk ekonomi baru, yaitu ekonomi digital (Zhu et al., 2022). Ekonomi digital merupakan perekonomian yang memanfaatkan penggunaan TIK untuk meningkatkan efisiensi dan optimisasi struktur ekonomi (Wang et al., 2022). Kegiatan ekonomi digital memiliki potensi yang cukup besar untuk terus berkembang di Indonesia. Berdasarkan hasil riset Goog-

le, Temasek, dan Bain & Company, nilai ekonomi digital Indonesia mencapai US\$70 miliar pada 2021 atau terbesar di Asia Tenggara, dan diperkirakan meningkat menjadi US\$146 miliar pada 2025.

Kondisi tersebut didukung dengan data Badan Pusat Statistik (BPS) yang menunjukkan bahwa pengguna telepon seluler sebagai infrastruktur pendukung ekonomi digital (BEA, 2018) cenderung meningkat dari 56,92 persen pada 2015 hingga 65,87 persen pada 2021. Sementara itu, data KemenLHK menjelaskan bahwa perkembangan indeks kualitas lingkungan hidup (IKLH) juga mengalami tren peningkatan meskipun cenderung terjadi fluktuasi. Peningkatan pengguna telepon seluler menggambarkan ekonomi digital di Indonesia berpotensi terus tumbuh. Namun, peningkatan tersebut cenderung tidak diikuti oleh peningkatan kualitas lingkungan hidup.

Di tengah krisis lingkungan yang dihadapi oleh negara di dunia, ekonomi digital memberikan peluang untuk solusi yang lebih baik bagi masalah lingkungan (Gürdür Broo et al., 2021). United Nations General Assembly mengadopsi tujuan pembangunan berkelanjutan untuk 2016–2030 dan mengambil pengembangan dari ekonomi digital sebagai faktor penting pendorong untuk pembangunan berkelanjutan (Yang et al., 2022). Ekonomi digital dipercaya mampu menjawab tantangan pembangunan ekonomi terutama terkait persoalan eksternalitas yang ditimbulkan dari kegiatan ekonomi sehingga dapat mendorong perekonomian yang berlandaskan ekonomi hijau. Digitalisasi memunculkan pergeseran kecenderungan masyarakat yang mulanya memanfaatkan barang dan jasa tradisional menjadi barang dan jasa elektronik, misalnya perbankan elektronik, e-commerce, e-books, pendidikan daring, dan *virtual meeting* (Ahmed & Le, 2021; Fadhila & Kartasih, 2024). Perubahan kecenderungan tersebut mampu mengurangi konsumsi sumber daya melalui dematerialisasi dan menurunkan konsumsi energi melalui pengurangan perjalanan (Ahmed & Le, 2021).

Beberapa penelitian tentang pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup pernah dilakukan oleh beberapa peneliti di negara lain. Seperti penelitian Wang et al. (2022) menemukan bahwa ekonomi digital berpengaruh mengurangi emisi karbon di China, dengan efek spasial yang signifikan antara wilayah industri padat dan daerah pesisir. Kemudian, Zhu et al. (2022) juga menunjukkan bahwa ekonomi digital mengurangi emisi karbon melalui efek inovasi dan perubahan struktur industri, dengan pengaruh lokal dan spillover pada provinsi tetangga. Sementara itu, Li et al. (2021) menemukan bahwa ekonomi digital memoderasi hubungan antara struktur energi dan emisi karbon, terutama di wilayah timur Tiongkok. Selain itu, studi lain dilakukan pada beberapa negara berkembang yang sesuai dengan konteks Indonesia. Seperti penelitian di Afrika oleh Arogundade dan Hassan (2025) menemukan bahwa ekonomi digital memiliki dampak spasial terhadap kualitas lingkungan, baik secara langsung melalui infrastruktur bersama, maupun secara tidak langsung melalui pola konsumsi energi digital lintas batas. Meskipun banyak penelitian menunjukkan hasil yang konsisten mengenai peran positif ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan, belum ditemukan kajian empiris serupa yang secara khusus meneliti pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup di Indonesia, padahal Indonesia sedang mengalami pertumbuhan ekonomi digital yang sangat pesat.

Di Indonesia, kajian mengenai hubungan antara ekonomi digital dan kualitas lingkungan hidup masih sangat terbatas. Seperti studi yang telah dilakukan oleh Aniqoh (2020), pendekatannya masih bersifat kualitatif dan belum disertai analisis secara empiris, sehingga belum dapat memberikan bukti secara statistik yang kuat. Padahal, dalam konteks transformasi digital yang berkembang pesat dan meningkatnya tekanan

terhadap lingkungan, penting untuk memahami bagaimana ekonomi digital memengaruhi kualitas lingkungan, khususnya di tengah kondisi geografis dan tingkat pembangunan digital yang berbeda-beda antarwilayah. Permasalahan yang ingin dijawab dalam penelitian ini adalah apakah hubungan antara ekonomi digital dan kualitas lingkungan bersifat konsisten antarprovinsi di Indonesia, mengingat adanya variasi dalam kesiapan digital dan kapasitas lingkungan di tiap wilayah.

Untuk menjawab permasalahan tersebut dan mengisi kesenjangan dalam literatur terkait analisis empiris berbasis wilayah, penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif berbasis model regresi spasial panel, yang memungkinkan untuk mengidentifikasi pola autokorelasi spasial serta menangkap efek limpahan (*spillover*) antarprovinsi. Dengan pendekatan ini, studi ini berkontribusi dalam memperluas pemahaman mengenai dinamika lintas wilayah antara digitalisasi dan kualitas lingkungan dalam konteks negara berkembang, khususnya Indonesia. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah: (1) menggambarkan perkembangan kualitas lingkungan hidup dan ekonomi digital di Indonesia tahun 2015–2021; (2) mengidentifikasi autokorelasi spasial kualitas lingkungan hidup antarprovinsi; dan (3) menganalisis pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup di Indonesia tahun 2015–2021 dengan mempertimbangkan efek spasial.

Hubungan antara Ekonomi Digital dan Kualitas Lingkungan Hidup

Ekonomi digital pertama kali dikemukakan oleh Tapscott (1996) yang menyatakan bahwa saat ini manusia berada dalam zaman kecerdasan jaringan (*age of networked intelligence*) yaitu zaman yang akan melahirkan politik, ekonomi, dan masyarakat baru di mana semua kegiatan bisnis berubah dengan adanya bantuan teknologi informasi. Ekonomi digital merupakan serangkaian kegiatan bisnis yang menggunakan teknologi digital untuk meningkatkan proses bisnis yang ada atau membuat yang baru dan inovatif (Asian Development Bank, 2021). Ekonomi digital memberikan menunjukkan potensi yang signifikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, termasuk dalam upaya perlindungan lingkungan hidup. Untuk mengukur kualitas lingkungan hidup, Indonesia menggunakan IKLH yang dirumuskan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. IKLH didefinisikan sebagai kinerja pengelolaan lingkungan hidup secara nasional dan menjadi acuan bersama bagi semua pihak dalam mengukur kinerja perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Terdapat tiga kriteria yang digunakan untuk menghitung IKLH, yaitu kualitas air (IKA), udara (IKU), dan tanah (IKTL).

Hubungan antara ekonomi digital dengan kualitas lingkungan hidup dapat dijelaskan dengan pendekatan teori modernisasi ekologi yang menyatakan bahwa TIK adalah penentu utama pertumbuhan ekonomi yang biasanya mengarah pada perubahan struktur, peraturan lingkungan, dan perbaikan teknologi yang mampu mengurangi pencemaran lingkungan (Atsu et al., 2021). Mekanisme dampak TIK terhadap kualitas lingkungan dijelaskan melalui tiga efek secara berurutan yaitu efek penggunaan langsung, efek substitusi tidak langsung, dan efek *rebound* (Khan et al., 2020). Dalam efek penggunaan langsung, TIK meningkatkan konsumsi energi selama kegiatan produksi, pemrosesan, distribusi, dan pemasangan infrastruktur TIK. Kemudian, efek substitusi yaitu TIK memfasilitasi transisi menuju kegiatan produksi dan konsumsi yang berkelanjutan. Efek substitusi meliputi dematerialisasi, demobilisasi, dan dekarbonisasi. Selanjutnya, efek *rebound* mewakili situasi di mana peningkatan efisiensi (efek substitusi) cenderung mengurangi dampak lingkungan dari suatu aktivitas berupa peng-

hematan energi. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekonomi digital berkontribusi positif dalam meningkatkan kualitas lingkungan hidup (Li et al., 2021; Liu et al., 2022; Wang et al., 2022; Zhu et al., 2022).

Model STIRPAT

Untuk menganalisis pengaruh ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan hidup, digunakan model yang didasarkan dari perluasan model stochastic impacts by regression on population, affluence and technology (STIRPAT) sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Liu et al. (2022). Model STIRPAT ditunjukkan pada persamaan berikut (Dietz & Rosa, 1997):

$$I = aP^b A^c T^d e \quad \dots (1)$$

Di mana I menyatakan dampak lingkungan (*environmental impact*), P menyatakan pertumbuhan populasi, A menyatakan pertumbuhan konsumsi per individu (*affluence* atau kemakmuran), dan T menyatakan teknologi dan faktor lainnya selain populasi dan kemakmuran yang memengaruhi lingkungan (Dietz & Rosa, 1997).

Berdasarkan model STIRPAT tersebut dijelaskan bahwa masalah lingkungan juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk, tingkat pendapatan atau konsumsi, dan variabel lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini juga menggunakan variabel lain seperti PDB per kapita, penanaman modal asing, keterbukaan perdagangan, kepadatan penduduk, dan jumlah kendaraan bermotor.

Hubungan antara Variabel Sosial Ekonomi dan Kualitas Lingkungan Hidup

Grossman dan Krueger (1991) menyatakan bahwa hubungan antara PDB per kapita dan kualitas lingkungan hidup dijelaskan melalui kurva Kuznets atau *environmental Kuznets curve* (EKC) yang berupa fungsi berbentuk U terbalik. Pada tahap awal, peningkatan pertumbuhan ekonomi suatu negara akan menyebabkan peningkatan kerusakan lingkungan. Kemudian, kerusakan lingkungan akan mengalami penurunan saat berada pada titik tertinggi dengan pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat. Pada tingkat pendapatan yang lebih tinggi, perubahan ekonomi menuju industri dan jasa, teknologi yang lebih efisien, dan peningkatan kesadaran akan kualitas lingkungan hidup pada akhirnya menurunkan kerusakan lingkungan.

Dalam teori *pollution haven hypothesis* (PHH) menyatakan bahwa penanaman modal asing dan keterbukaan perdagangan memiliki efek negatif terhadap kualitas lingkungan hidup. Penanaman modal asing menyebabkan peningkatan emisi lingkungan di negara berkembang melalui proses migrasi industri dari negara maju ke negara berkembang dengan kontrol polusi yang lebih rendah (Gill et al., 2018). Migrasi industri tersebut juga dapat terjadi melalui perdagangan karena adanya keunggulan biaya komparatif yang dimiliki negara berkembang dengan kontrol polusi yang rendah. Oleh karena itu, negara berkembang cenderung mengekspor barang padat polusi dan negara maju cenderung mengekspor barang minim polusi (Gill et al., 2018). Akibatnya, negara berkembang menjadi pusat bagi industri barang padat polusi.

Hubungan antara kepadatan penduduk dan kualitas lingkungan hidup dapat dijelaskan melalui teori Malthus (1798). Untuk memenuhi kebutuhan makanan, manusia mulai melakukan pembukaan lahan baru untuk bercocok tanam dan industrialisasi. Kepadatan penduduk menuntut dilakukannya pembukaan lahan dan meningkatkan konsumsi energi dalam proses produksi dan untuk keperluan rumah tangga yang menyebabkan pencemaran air, udara, dan tanah (Mohsin et al., 2019). Pengguna-

an kendaraan bermotor juga memengaruhi kualitas lingkungan hidup karena semakin meningkatnya pengguna kendaraan menyebabkan semakin meningkatnya polusi udara. Sektor transportasi dianggap sebagai penghasil gas rumah kaca terbesar dalam 30 tahun terakhir dan upaya dilakukan untuk mengurangi dampak emisi terhadap lingkungan (Aminzadegan *et al.*, 2022).

Cakupan dan Metode Penelitian

Penelitian ini mencakup 34 provinsi di Indonesia pada 2015 hingga 2021. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari BPS dan KemenLHK. Untuk menggambarkan kualitas lingkungan hidup provinsi-provinsi di Indonesia digunakan IKLH yang bersumber dari publikasi IKLH serta publikasi statistik oleh KemenLHK. Sementara itu, dalam menggambarkan kegiatan ekonomi digital di Indonesia, penelitian ini menggunakan proksi ekonomi digital yang didasarkan pada BEA (2018) berupa infrastruktur pendukung digital, kegiatan *e-commerce*, dan penggunaan media digital. Ukuran infrastruktur pendukung digital digambarkan oleh data persentase penduduk yang menggunakan telepon seluler, ukuran kegiatan *e-commerce* digambarkan oleh data persentase penduduk yang menggunakan internet untuk melakukan penjualan dan/atau pembelian, dan ukuran penggunaan media digital digambarkan oleh data persentase penduduk yang mengakses media sosial. Data untuk proksi ekonomi digital bersumber dari publikasi kesejahteraan rakyat dan hasil survei sosial ekonomi nasional oleh BPS.

Selain variabel yang terkait dengan ekonomi digital, penelitian ini juga menggunakan variabel sosial ekonomi, yaitu PDB regional (PDRB) per kapita, penanaman modal asing, keterbukaan perdagangan, kepadatan penduduk, dan transportasi. Variabel-variabel tersebut dipilih karena berkontribusi langsung terhadap tekanan kualitas lingkungan hidup berdasarkan studi empiris sebelumnya. PDRB per kapita sebagai indikator pertumbuhan ekonomi dapat mendorong eksplorasi sumber daya alam, konsumsi energi yang berlebihan, serta meningkatkan emisi CO₂ dan deforestasi (Grossman & Krueger, 1995). Penanaman modal asing dan keterbukaan perdagangan berpotensi memperburuk pencemaran lingkungan di negara berkembang melalui mekanisme *pollution haven*, yakni relokasi industri padat polusi dari negara maju ke negara dengan regulasi lingkungan yang lebih longgar (Eskeland & Harrison, 2002). Selain itu, menurut Bongaarts (2009) kepadatan penduduk meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam, memperluas permukiman, dan mendorong konsumsi energi yang tidak berkelanjutan. Di sisi lain, jumlah kendaraan bermotor dipertimbangkan sebagai proksi tekanan transportasi terhadap lingkungan, mengingat sektor transportasi merupakan kontributor utama emisi gas rumah kaca di kawasan perkebunan (OECD, 2020). Seluruh data pendekatan variabel sosial ekonomi diperoleh dari publikasi tahunan yang tersedia pada laman resmi BPS, antara lain: PDRB atas dasar harga konstan per kapita (Publikasi Produk Domestik Regional Bruto Provinsi-Provinsi di Indonesia), data penanaman modal asing (Statistik Investasi), data ekspor-impor (Statistik Perdagangan Internasional), data kepadatan penduduk (Statistik Indonesia), dan data jumlah kendaraan bermotor (Statistik Transportasi).

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif, *exploratory spatial data analysis* (ESDA), dan analisis inferensi. Analisis deskriptif dilakukan menggunakan peta tematik dengan pengkategorian yang didasarkan pada metode *natural breaks* dengan tiga kategori (rendah, sedang, tinggi), ESDA dilakukan untuk mendeteksi adanya autokorelasi spasial global dan autokorelasi spasial lokal

selama rentang tahun penelitian menggunakan uji Global Moran's I dan uji local indicator spatial autocorrelation (LISA), dan analisis inferensia dilakukan menggunakan regresi panel spasial.

Matriks penimbang spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3-nearest neighbours, artinya setiap provinsi akan memiliki tetangga sebanyak tiga provinsi di sekitarnya dengan jarak yang terdekat. Matriks penimbang tersebut dipilih karena secara umum provinsi-provinsi di Indonesia memiliki perbatasan langsung dan tidak langsung dengan tiga provinsi lainnya (BPS, 2011). Setelah ditentukan matriks penimbang, dilakukan pengidentifikasi autokorelasi spasial menggunakan uji Global Moran's I dan LISA. Kemudian dilanjutkan dengan uji Lagrange multiplier dan uji Hausman untuk menentukan model panel spasial yang sesuai sebelum melakukan estimasi parameter. Adapun model panel spasial secara umum yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$\begin{aligned}
 EQI_{it} = & (a + \mu_i) + \rho \sum_{j=1}^{34} w_{ij} EQI_{jt} + \beta_1 MP_{it} + \beta_2 Ecom_{it} \\
 & + \beta_3 Socmed_{it} + \beta_4 lnGRDP_{it} + \beta_5 lnFDI_{it} + \beta_6 TO_{it} \\
 & + \beta_7 lnDens_{it} + \beta_8 lnTrans_{it} + \lambda \sum_{j=1}^{34} w_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \quad \dots (2)$$

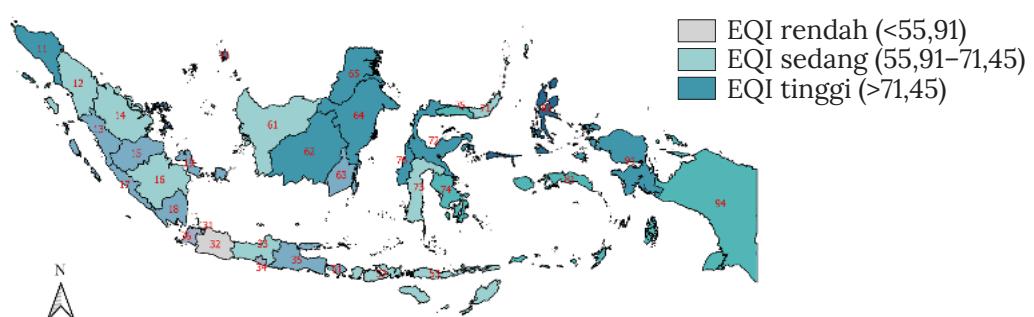
EQI_{it} adalah kualitas lingkungan hidup provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, a adalah intercept, μ_i adalah efek individu provinsi ke-*i*, λ adalah koefisien spatial lag, ρ adalah koefisien spasial error, u_{it} adalah spatial autocorrelation error term wilayah ke-*i* tahun ke-*t*, w_{ij} adalah elemen matriks penimbang antara provinsi ke-*i* dan provinsi ke-*j*, β_k adalah parameter model, MP_{it} adalah persentase pengguna telepon seluler provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $Ecom_{it}$ adalah persentase pengguna e-commerce provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $Socmed_{it}$ adalah persentase pengguna media sosial provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $lnGRDP_{it}$ adalah logaritma natural PDRB per kapita provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $lnFDI_{it}$ adalah logaritma natural penanaman modal asing provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, TO_{it} adalah keterbukaan perdagangan provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $lnDens_{it}$ adalah logaritma natural kepadatan penduduk provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, $lnTrans_{it}$ adalah logaritma natural jumlah kendaraan bermotor provinsi ke-*i* tahun ke-*t*, ε_{it} adalah error wilayah ke-*i* tahun ke-*t*.

Untuk memastikan keandalan model setelah didapatkan hasil estimasi, dilakukan uji asumsi klasik yang meliputi uji multikolinearitas dengan nilai variance inflation factor (VIF) untuk memastikan tidak adanya hubungan kuat antarvariabel independen, uji normalitas dengan statistik uji Jarque-Bera (JB) untuk memastikan error berdistribusi normal yang diperlukan dalam metode estimasi maximum likelihood (ML), serta uji homoskedastisitas menggunakan uji Glejser untuk menguji apakah varians error bersifat konstan. Jika hasil uji menunjukkan tidak adanya multikolinearitas, error berdistribusi normal, dan varians error konstan, maka model dapat dianggap valid dan dapat diandalkan. Setelah model memenuhi asumsi yang ditetapkan, dilakukan pengujian keberartian model serta interpretasi dan analisis hasil lebih lanjut.

Gambaran Umum Kualitas Lingkungan Hidup di Indonesia

IKLH menggambarkan kinerja pengelolaan lingkungan hidup di wilayah Indonesia. Semakin besar nilai IKLH menunjukkan bahwa semakin baik kualitas lingkungan hidup di suatu wilayah. Secara rata-rata, wilayah dengan kualitas lingkungan hidup paling baik selama periode penelitian adalah Provinsi Papua Barat dan Kalimantan Utara. Sementara itu, provinsi yang memiliki nilai IKLH terendah adalah DKI Jakarta. DKI

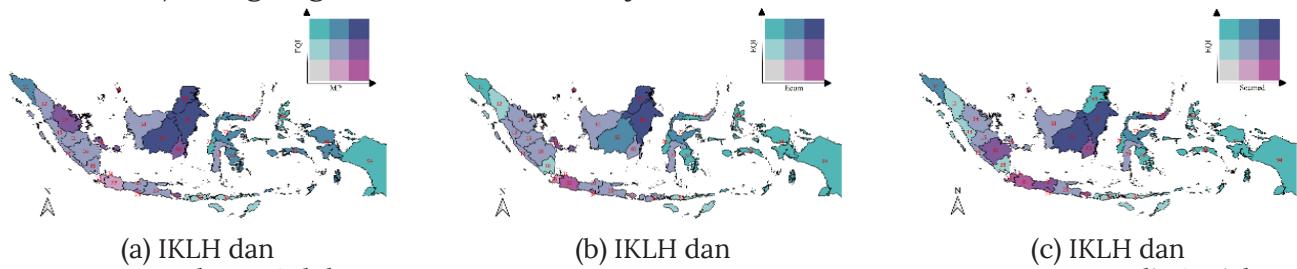
Jakarta sebagai provinsi dengan IKLH terkecil memang kondisi yang wajar mengingat bahwa tingginya jumlah penduduk dan pesatnya aktivitas perdagangan dan perekonomian di provinsi ini. Keterkaitan spasial antarwilayah di Indonesia dapat ditampilkan melalui peta tematik sebaran rata-rata IKLH. Gambar 1 menunjukkan pola mengejelompok pada IKLH di Indonesia di mana provinsi-provinsi di kawasan barat Indonesia cenderung memiliki IKLH tergolong sedang dan bagian timur cenderung memiliki IKLH tergolong tinggi.



Gambar 1. Peta Sebaran Rata-Rata IKLH di Indonesia, 2015-2021

Sumber: KemenLHK, diolah (2015-2021).

Pada Gambar 2, disajikan gambaran umum hubungan antara ekonomi digital dan kualitas lingkungan hidup dengan menggunakan klasifikasi *natural breaks* Jenks dengan tiga kategori, yakni rendah, sedang, dan tinggi. Matriks warna pada peta menunjukkan hubungan dua variabel: IKLH (sumbu vertikal) dan indikator ekonomi digital (sumbu horizontal), dengan gradasi warna menunjukkan kombinasi nilai antara keduanya.



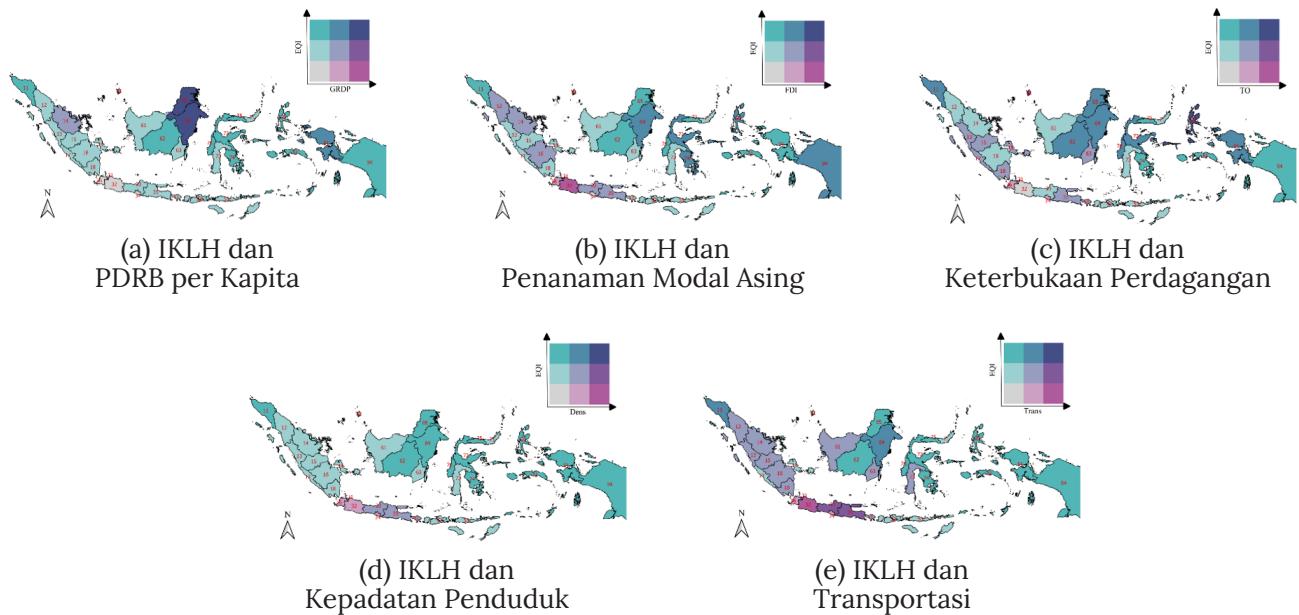
Gambar 2. Bivariate Choropleth Map antara Kualitas Lingkungan Hidup dan Ekonomi Digital
Sumber: BPS dan KemenLHK, diolah (2023).

Dari Gambar 2 (a)-(c) dapat terlihat bahwa wilayah Indonesia didominasi oleh provinsi yang memiliki pengguna telepon seluler, e-commerce, dan media sosial tergolong sedang, sementara IKLH yang terkategori sedang. Jika dilakukan perbandingan antara rata-rata pengguna telepon seluler, e-commerce, dan media sosial terhadap rata-rata IKLH, maka terlihat bahwa tidak ada pola yang konsisten antara tingginya penggunaan ekonomi digital dan IKLH. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan keduanya belum menunjukkan pola yang kuat secara visual.

Hubungan Kualitas Lingkungan Hidup dan Faktor Sosial Ekonomi

Gambar 3 (a)-(d) juga menggunakan klasifikasi *natural breaks* Jenks dengan tiga kategori, yakni rendah, sedang, dan tinggi. Ditemukan bahwa terdapat hubungan PDRB per kapita, penanaman modal asing, keterbukaan perdagangan, dan kepadatan penduduk yang terkategori rendah dengan IKLH yang terkategori sedang justru paling dominan terjadi di Indonesia. Sementara itu, Gambar 4 (e) menunjukkan bahwa hubungan yang dominan terjadi adalah jumlah kendaraan bermotor terkategori sedang dan IKLH terkategori sedang dan juga jumlah kendaraan bermotor terkategori rendah dan

IKLH terkategori tinggi. Jika dilakukan perbandingan antara masing-masing variabel kontrol tersebut terhadap rata-rata IKLH, maka terlihat bahwa terdapat kecenderungan hubungan yang tidak konsisten di masing-masing variabel tersebut terhadap kualitas lingkungan hidup sehingga belum menunjukkan pola hubungan yang kuat.



Gambar 3. Hubungan Kualitas Lingkungan Hidup dan Faktor Sosial Ekonomi
Sumber: BPS dan KemenLHK, diolah (2023).

Sebelum dilakukan analisis spasial, perlu mengidentifikasi keterkaitan spasial dengan uji Global Moran's I pada data IKLH tahun 2015–2021. Hasil uji Global Moran's I pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan spasial positif dan signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen. Artinya, wilayah yang memiliki nilai IKLH tinggi cenderung dikelilingi oleh wilayah dengan nilai IKLH tinggi, begitu pula sebaliknya.

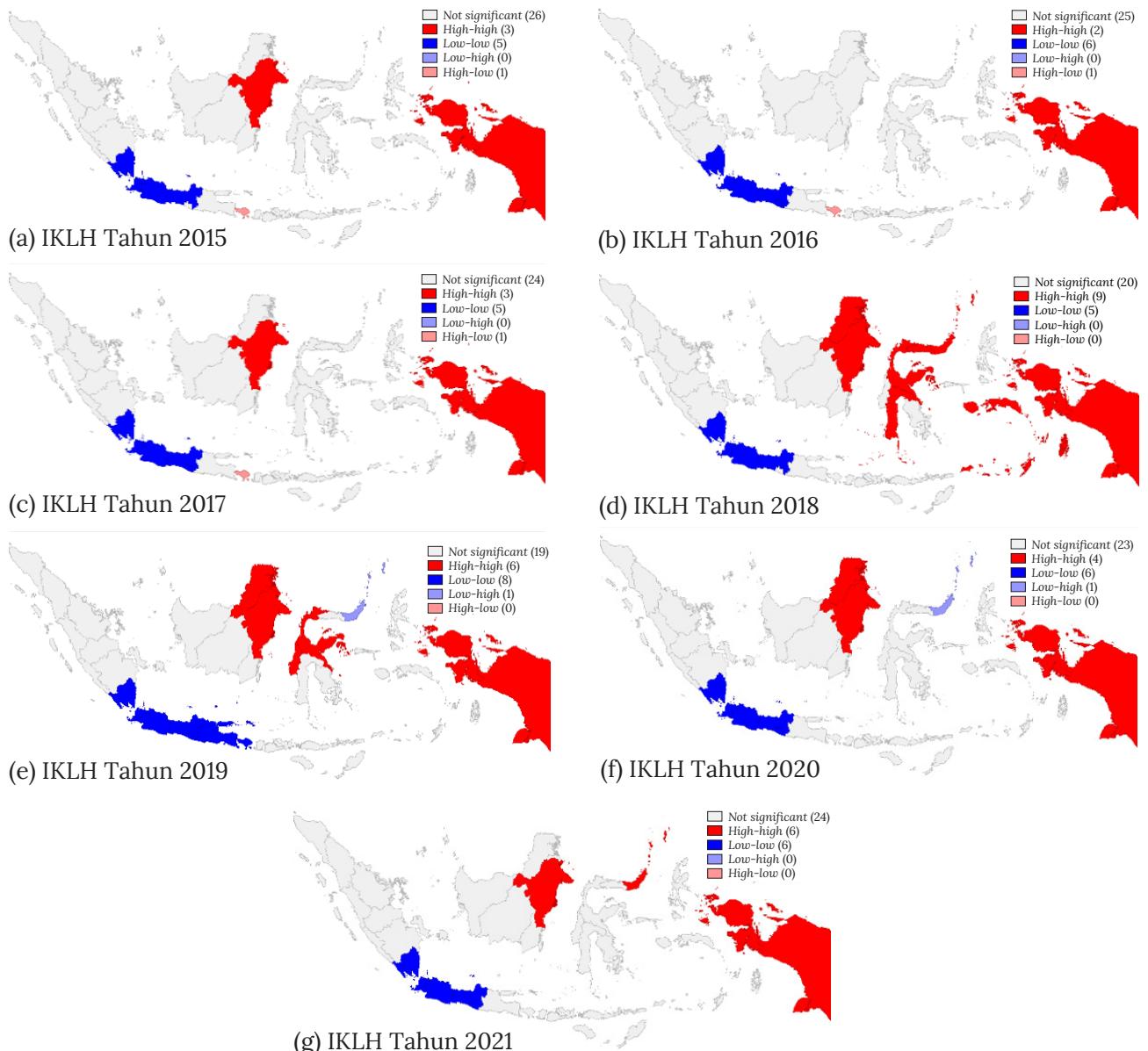
Tabel 1. Hasil Uji Global Moran's I

Tahun	Global Moran's I	p-value
2015	0,3602	0,0000*
2016	0,4056	0,0000*
2017	0,6533	0,0000*
2018	0,7631	0,0000*
2019	0,7295	0,0000*
2020	0,7128	0,0000*
2021	0,7124	0,0000*

* Signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen
Sumber: Hasil olahan, (2023).

Kemudian, pengukuran LISA dapat digunakan untuk mengidentifikasi autokorelasi spasial di suatu provinsi yang tidak dapat ditunjukkan dalam indeks Global Moran's I. Gambar 4 memperlihatkan peta hasil uji LISA indeks kualitas lingkungan hidup selama tahun 2015–2021. Berdasarkan Gambar 4, selama tahun 2015–2021, terdapat provinsi-provinsi yang secara konsisten memiliki autokorelasi spasial dengan provinsi tetangganya. Sebagian besar provinsi yang memiliki autokorelasi spasial terdapat pada hotspot high-high (warna merah terang) dan low-low (warna biru terang). Provinsi yang terdapat pada hotspot low-low berada di Pulau Jawa dan Provinsi Lampung yang menandakan bahwa provinsi di wilayah tersebut memiliki IKLH yang rendah dan dikelilingi oleh provinsi-provinsi dengan IKLH yang rendah pula. Provinsi yang terda-

pat pada hotspot high-high berada di kawasan timur yang menandakan bahwa provinsi di wilayah tersebut memiliki IKLH yang tinggi dan dikelilingi oleh provinsi-provinsi dengan IKLH yang tinggi pula. Dengan demikian, adanya klaster spasial mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan hidup di suatu provinsi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal tetapi juga oleh lingkungannya.



Gambar 4. Peta LISA
Sumber: KemenLHK, diolah (2023).

Untuk menentukan spesifikasi model spasial yang paling sesuai, dilakukan uji lagrange multiplier (LM) terhadap model OLS sebagai model awal. Hasil uji LM disajikan dalam Tabel 2, menunjukkan bahwa LM-error signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen, sementara LM-lag tidak signifikan pada tingkat signifikansi yang sama. Artinya, terdapat dependensi spasial pada error model. Dengan demikian, model spasial yang terpilih adalah spatial error model (SEM).

Tabel 2. Hasil Uji Lagrange Multiplier

Uji LM	Nilai Statistik Uji	p-value
LM-Lag	2,8558	0,0911
LM-Error	15,741	0,0001*

Keterangan: *Signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen

Sumber: Hasil olahan (2023).

Berdasarkan hasil uji Hausman pada model SEM, diperoleh nilai statistik uji chi-square sebesar 16,455 dengan p-value sebesar 0,0363. Dikarenakan p-value kurang dari tingkat signifikansi 5 persen, diperoleh keputusan tolak H_0 . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model efek tetap (FEM) lebih tepat digunakan daripada model efek acak (REM). Dengan demikian, model panel spasial yang terbentuk adalah *fixed effects spatial error model* (FE-SEM). Setelah diperoleh model panel spasial terpilih, selanjutnya dilakukan estimasi parameter model dengan hasil disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter Fixed Effects Spatial Error Model

Variabel	Koefisien	Standard Error	p-value
Intersep	243,919	78,605	0,0019*
Lambda (λ)	0,4226	0,0657	0,0000*
MP	0,5571	0,1575	0,0004*
Ecom	0,3939	0,1295	0,0024*
Socmed	-0,1695	0,0839	0,0434*
LnGRDP	-6,4301	5,6901	0,2585
LnFDI	-0,0309	0,3904	0,9370
TO	0,0067	0,0130	0,6042
LnDens	-19,2104	8,7368	0,0279*
LnTrans	-2,7523	3,0124	0,3609

Ringkasan Statistik			
R-squared	0,8412	Adj R-squared	0,8356

Keterangan: *Signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen

Sumber: Hasil olahan (2023).

Model FE-SEM yang terbentuk memiliki nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,8356 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3. Artinya, variasi nilai IKLH dapat dijelaskan oleh variabel independen yang digunakan dalam model sebesar 83,56 persen, sedangkan sisanya sebesar 16,44 persen dijelaskan oleh variabel lain di luar model. Setelah itu, dilakukan uji asumsi klasik. Berdasarkan hasil uji Jarque Bera, diperoleh nilai statistik uji sebesar 3,1384 dengan p-value sebesar 0,2082 sehingga dapat disimpulkan bahwa *error* berdistribusi normal pada tingkat signifikansi 5 persen. Hasil pengujian homoskedastisitas menggunakan uji Glejser menunjukkan tidak terdapat variabel independen yang signifikan pada tingkat signifikansi 5 persen. Selanjutnya, pendeteksian multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai *variance inflation factor* (VIF) dan menunjukkan tidak terdapat variabel independen yang memiliki nilai VIF lebih dari 10. Dengan demikian, disimpulkan bahwa tidak terdapat pelanggaran dalam asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan non-multikolinearitas dalam model.

Hasil estimasi model FE-SEM dalam Tabel 3 menunjukkan nilai koefisien spasial *error* yang positif artinya peningkatan nilai variabel lain yang tidak dijelaskan oleh model (*error*) dari provinsi tetangga akan meningkatkan kualitas lingkungan hidup suatu provinsi yang diamati. Artinya, kualitas lingkungan hidup di satu provinsi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal, namun juga oleh kondisi wilayah di sekitarnya. Nilai lambda (λ) sebesar 0,4226 menunjukkan adanya efek spasial moderat, yang

berarti sekitar 42 provinsi variasi residual IKLH di suatu provinsi dipengaruhi oleh provinsi-provinsi tetangga. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kebijakan lingkungan tidak dapat dibuat secara parsial atau terbatas pada satu wilayah administratif, tetapi memerlukan koordinasi kebijakan antardaerah dalam satu kawasan ekoregional atau yang saling berbatasan. Kemudian, karena model yang diperoleh adalah *fixed effect* maka dapat diperoleh nilai efek individu setiap provinsi sebagaimana yang ditampilkan dalam Tabel 4. Provinsi dengan nilai efek individu terbesar di Indonesia adalah Sumatera Selatan, yaitu sebesar 70,37. Artinya, Provinsi Sumatera Selatan akan cenderung memiliki IKLH relatif lebih tinggi 70,37 poin dibandingkan provinsi lainnya di Indonesia dengan asumsi pengaruh dari provinsi lain dan variabel independen konstan.

Tabel 4. Efek Individu Masing-Masing Provinsi

No.	Provinsi	Efek Individu	No.	Provinsi	Efek Individu
1	Aceh	1,4774	18	NTB	6,6138
2	Sumatera Utara	31,5471	19	NTT	6,6479
3	Sumatera Barat	29,1079	20	Kalimantan Barat	-19,8346
4	Riau	-7,3788	21	Kalimantan Tengah	-17,9261
5	Jambi	22,9552	22	Kalimantan Selatan	9,9370
6	Sumatera Selatan	70,3700	23	Kalimantan Timur	-2,7229
7	Bengkulu	-2,8391	24	Kalimantan Utara	-22,7272
8	Lampung	-13,4343	25	Sulawesi Utara	-36,1353
9	Kep. Bangka Belitung	34,4878	26	Sulawesi Tengah	-11,1975
10	Kepulauan Riau	39,4240	27	Sulawesi Selatan	-7,0058
11	DKI Jakarta	37,1413	28	Sulawesi Tenggara	9,9284
12	Jawa Barat	-20,9910	29	Gorontalo	-9,2596
13	Jawa Tengah	-11,7743	30	Sulawesi Barat	-7,3765
14	DI Yogyakarta	-37,3841	31	Maluku	2,7205
15	Jawa Timur	-19,9128	32	Maluku Utara	-0,9619
16	Banten	-46,1620	33	Papua Barat	-5,0311
17	Bali	-14,0319	34	Papua	11,7285

Sumber: Hasil olahan, (2023).

Sebagai contoh, analisis model FE-SEM dilakukan pada Provinsi Sumatera Selatan dengan tetangganya yaitu Jambi, Lampung, dan Kep. Bangka Belitung. Berikut adalah model *fixed effects spatial error* Provinsi Sumatera Selatan:

$$\begin{aligned} \widehat{EQI}_{Sumsel,t} = & 314,289 + 0,1409 u_{Jambi,t} + 0,1409 u_{Lampung,t} \\ & + 0,1409 u_{Babel,t} + 0,5571 MP_{it}^* + 0,3939 Ecom_{it}^* \\ & - 0,1695 Socmed_{it}^* - 6,4301 \ln GRDP_{it} \\ & - 0,0309 \ln FDI_{it} + 0,0067 TO_{it} - 19,2104 \ln Dens_{it}^* \\ & - 2,7523 \ln Trans_{it} \end{aligned} \quad \dots (3)$$

Berdasarkan persamaan 3, dapat diketahui bahwa setiap peningkatan rata-rata error (variabel lain di luar model) dari masing-masing Provinsi Jambi, Lampung, dan Kep. Bangka Belitung akan meningkatkan IKLH Provinsi Sumatera Selatan sebesar 0,1409 poin dengan asumsi variabel lain konstan.

Pengaruh Ekonomi Digital dan Faktor Sosial Ekonomi terhadap Kualitas Lingkungan Hidup

Hasil estimasi model FE-SEM menggunakan *maximum likelihood* yang disajikan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa pengguna telepon seluler berpengaruh positif dan signifikan terhadap IKLH di Indonesia pada tingkat signifikansi 5 persen dengan nilai koefisien sebesar 0,4187 berarti peningkatan pengguna telepon seluler sebe-

sar 1 persen akan meningkatkan IKLH sebesar 0,4187 poin dengan asumsi variabel lain konstan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Haseeb *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa penggunaan telepon seluler meningkatkan penghematan energi dan berkontribusi positif terhadap kualitas udara. Asongu *et al.* (2019) juga menjelaskan bahwa ponsel sebagai media komunikasi dapat berkontribusi dalam mengurangi pertemuan secara langsung (fisik) yang memerlukan kendaraan bermotor atau transportasi sehingga pada akhirnya dapat meredam emisi CO₂.

Pengguna e-commerce berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup pada tingkat signifikansi 5 persen dengan nilai koefisien sebesar 0,3295 berarti setiap peningkatan pengguna e-commerce sebesar 1 persen akan meningkatkan IKLH sebesar 0,3295 poin dengan asumsi variabel lain konstan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Xie *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa e-commerce berpengaruh positif terhadap keberlanjutan lingkungan. Terlepas dari dampak lingkungan dari pengemasan barang dalam belanja daring, transportasi pelanggan yang berbelanja di toko fisik menyumbang 65 persen dari total emisi, di mana itu signifikan lebih besar dari pada emisi transportasi dari kegiatan belanja secara daring karena adanya metode pengiriman yang dioptimalkan (Weber & Matthews, 2008). Selain itu, transaksi daring, brosur elektronik, dan katalog dari kegiatan e-commerce dapat mengurangi dampak negatif penggunaan kertas terhadap lingkungan (Sustainable Earth, 2012).

Pengguna media sosial berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup pada tingkat signifikansi 5 persen dengan nilai koefisien sebesar -0,1695 berarti setiap peningkatan pengguna media sosial sebesar 1 persen akan menurunkan IKLH sebesar -0,1695 poin dengan asumsi variabel lain konstan. Hasil penelitian ini sesuai dengan studi perusahaan Compare the Market yang menyatakan bahwa menggunakan media sosial dapat berkontribusi pada krisis iklim (Global Citizen, 2022). Penggunaan internet untuk media sosial tercatat paling besar dibandingkan untuk akses e-commerce, e-banking, ataupun akses informasi (Kartiasih *et al.*, 2023, 2023a, 2023b). Media sosial merupakan aktivitas daring yang banyak diakses oleh masyarakat di Indonesia, terutama bagi gen Z dan milenial yang merupakan dua kelompok generasi terbesar di Indonesia (IDN Research Institute, n.d.-a, n.d.-b). Menurut penelitian, gen Z memiliki kontribusi besar terhadap pelipatgandaan tingkat konsumsi listrik akibat akses internet (sekitar 20 persen dari produksi listrik di seluruh dunia) serta bertanggung jawab atas 7,5 persen emisi global (Stanovic, 2022). Hal ini karena aktivitas di media sosial sangat bergantung pada layanan *data center* dan *cloud computing* yang memerlukan konsumsi energi listrik dalam jumlah besar. Dengan demikian, pengaruh negatif media sosial terhadap lingkungan dapat terjadi terutama bagi negara yang masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti Indonesia dalam memenuhi kebutuhan listrik. Namun, indikator media sosial yang digunakan dalam penelitian ini hanya mencerminkan tingkat adopsi, bukan durasi atau intensitas penggunaan, sehingga pengaruh terhadap kualitas lingkungan hidup belum tergambar secara komprehensif dalam penelitian ini.

Kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup pada tingkat signifikansi 5 persen. Nilai koefisien variabel kepadatan penduduk sebesar -19,2104 berarti setiap peningkatan kepadatan penduduk sebesar 1 persen akan menurunkan IKLH sebesar 0,1921 poin dengan asumsi variabel lain konstan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wafiq dan Suryanto (2021) yaitu kepadatan penduduk berpengaruh signifikan negatif terhadap kualitas lingkungan di Indonesia. Semakin bertambahnya jumlah penduduk menuntut dilakukannya pembukaan lahan untuk membangun perumahan dan area usaha (Sukono *et al.*, 2019) dan meningkatkan konsumsi energi yang

digunakan untuk proses produksi dan keperluan rumah tangga yang menyebabkan pencemaran air, udara, tanah, dan iklim (Mohsin et al., 2019).

Terakhir, PDRB per kapita, penanaman modal asing, keterbukaan perdagangan, dan transportasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup. Hal tersebut dapat terjadi karena variabel-variabel tersebut cukup bervariasi atau tidak merata antarprovinsi di Indonesia. Teori pollution haven hypothesis (PHH) yang menyatakan bahwa penanaman modal asing memiliki efek negatif terhadap lingkungan di negara berkembang sering kali dibantah karena jumlah transfer teknologi atau pengetahuan ke negara penerima sangat kecil (Hutapea & Priharjanto, 2022). Ini menunjukkan bahwa transfer teknologi tidak berdampak besar terhadap kualitas lingkungan hidup di negara penerima. Keterbukaan perdagangan yang juga tidak berpengaruh signifikan dapat terjadi karena Indonesia memiliki keunggulan komparatif berupa output dari sektor pertanian (Suhardi, 2021). Sektor pertanian termasuk dalam sektor padat karya yang relatif menghasilkan polusi lebih rendah dibanding sektor padat modal (Gallagher, 2004). Jika negara memiliki keunggulan komparatif dalam sektor yang menghasilkan polusi yang relatif kecil, pengaruh perdagangan internasional terhadap kualitas lingkungan hidup relatif kecil pula (Gilbert, 2017).

Penutup

Sebaran kualitas lingkungan hidup di Indonesia menunjukkan pola spasial yang mengelompok, dengan provinsi-provinsi di kawasan Indonesia bagian barat cenderung memiliki IKLH kategori sedang, sedangkan bagian timur cenderung memiliki IKLH kategori tinggi. Sementara itu, gambaran umum hubungan antara ekonomi digital dan kualitas lingkungan hidup mengindikasikan bahwa adanya pengaruh yang tidak konsisten atau tidak kuat dari masing-masing variabel terhadap kualitas lingkungan hidup. Hasil pengujian Moran's I juga mengkonfirmasi adanya autokorelasi spasial positif, yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan hidup di suatu provinsi saling berkaitan dengan provinsi-provinsi di sekitarnya.

Hasil estimasi model *fixed effects spatial error* didapatkan bahwa pengguna telepon seluler dan e-commerce berpengaruh signifikan dan positif terhadap kualitas lingkungan hidup. Sebaliknya, pengguna media sosial dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan dan negatif terhadap kualitas lingkungan hidup. Sementara itu, PDRB per kapita, penanaman modal asing, keterbukaan perdagangan, dan transportasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan hidup di Indonesia. Efek spasial pada *error* menunjukkan bahwa kualitas lingkungan hidup antarwilayah dipengaruhi oleh variabel lain di luar model dari provinsi tetangganya.

Temuan penelitian ini menegaskan bahwa transformasi digital memiliki dampak lingkungan yang beragam, sehingga kebijakan penguatan ekonomi digital perlu diimbangi dengan upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. Kajian ini memberikan kontribusi empiris bagi penguatan kinerja Komisi I, Komisi X, dan Komisi XII DPR RI, terutama dalam penyusunan kebijakan, seperti pemberian insentif fiskal untuk industri rendah karbon yang telah mengadopsi teknologi digital ramah lingkungan, serta peningkatan literasi digital berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi Komisi II dan Komisi V dalam menerapkan kebijakan tata kelola ruang yang memastikan keseimbangan kawasan terbangun dan kawasan terbuka hijau yang mempertimbangkan kondisi antarwilayah. Hal ini penting untuk mengurangi tekanan lingkungan akibat urbanisasi dan ekspansi digital, yang sejalan dengan SDGs 11 dalam mengurangi dampak lingkungan pada perkotaan dan pemukiman. Terakhir, DPR juga dapat mengusulkan regulasi bagi industri digital, seperti platform e-commerce untuk

mengurangi emisi karbon yang dihasilkan. Regulasi ini dapat mencakup transparansi jejak karbon, kewajiban penggunaan energi terbarukan, atau sistem kredit karbon digital, yang akan berkontribusi langsung terhadap pencapaian penanganan perubahan iklim sesuai SDGs 13.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti penggunaan data agregat tingkat provinsi yang belum menangkap variasi dalam provinsi, seperti disparitas kota-desa atau sektor-sektor ekonomi tertentu. Selain itu, penggunaan variabel ekonomi digital yang digunakan bersifat terbatas dan tidak merepresentasikan seluruh aspek transformasi digital. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan dapat memasukkan data sektoral pada sektor tertentu, seperti sektor energi, atau mengembangkan indeks ekonomi digital yang lebih komprehensif. Dari sisi metodologi, metodologi lain seperti analisis berbasis *big data* atau pemodelan berbasis simulasi juga dapat digunakan untuk memperkirakan dampak jangka panjang dari ekonomi digital terhadap kualitas lingkungan sehingga analisis yang dilakukan akan lebih mendalam dan mencakup lintas sektor.

Daftar Pustaka

- Adebayo, T. S., & Kirikkaleli, D. (2021). Impact of renewable energy consumption, globalization, and technological innovation on environmental degradation in Japan: Application of wavelet tools. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16057–16082. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01322-2>
- Ahmed, Z., & Le, H. P. (2021). Linking information communication technology, trade globalization index, and CO₂ emissions: Evidence from advanced panel techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 8770–8781. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11205-0>
- Aminzadegan, S., Shahriari, M., Mehranfar, F., & Abramović, B. (2022). Factors affecting the emission of pollutants in different types of transportation: A literature review. *Energy Reports*, 8, 2508–2529. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.161>
- Aniqoh, N. A. F. A. (2020). The role of digital economy to enhancing sustainable economic development. *International Journal of Social Science and Business*, 4(4), 519. <https://doi.org/10.23887/ijssb.v4i4.28881>
- Arogundade, S., & Hassan, A. S. (2025). Digital economy and environmental quality of African countries: evidence from spatial Durbin model. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06059-w>
- Asian Development Bank. (2021). *Capturing the digital economy: A proposed measurement framework and its applications, A special supplement to key indicators for Asia and the Pacific 2021 (Issue August)*. <http://dx.doi.org/10.22617/FLS210307-3>
- Asongu, S. A., Nwachukwu, J. C., & Pyke, C. (2019). The comparative economics of ICT, environmental degradation and inclusive human development in Sub-Saharan Africa. *Social Indicators Research*, 143(3), 1271–1297. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-2009-x>
- Badan Pusat Statistik (2011). Analisis dampak spasial pada peramalan perekonomian dan ketenagakerjaan provinsi. Subdirektorat Pengembangan Model Statistik.
- Bongaarts, J. (2009). Human population growth and the demographic transition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1532), 2985–2990. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0137>
- Bureau of Economic Analysis. (2018). *Defining and measuring the digital economy*. US Department of Commerce Bureau of Economic Analysis, Washington, DC, 1–24.

- Citizen, G. (2022). How does your social media use impact the planet? Use this calculator to find out. <https://www.globalcitizen.org/en/content/social-media-emissions-carbon-footprint/>
- Danish, Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO₂ emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632–638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.028>
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(1), 175–179. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.1.175>
- Earth, S. (2012). Why e-commerce is good for the environment. <https://www.isustainableearth.com/sustainable-living/why-e-commerce-is-good-for-the-environment>
- Eskeland, G. S., & Harrison, A. E. (2002). Moving to greener pastures? Multinationals the pollution haven hypothesis. *NBER Working Paper* 8888. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w8888/w8888.pdf
- Fadhila, S., & Kartiasih, F. (2024). Pengaruh infrastruktur transportasi serta teknologi informasi dan komunikasi (TIK) terhadap ketimpangan pendidikan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 13(2), 153–170.
- Gallagher, K. (2004). Economic integration and the environment in Mexico: Lessons for future trade agreements. *Working Group on Development and Environment in the Americas. Discussion Paper*, 6, 1–20.
- Gayatri, T. D., & Kartiasih, F. (2024). Unveiling the nexus between ICT and inclusive growth in West Java Province. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 8(3), 394–409.
- Gilbert, M. (2017). *AFTA dan kualitas lingkungan hidup di Indonesia* [Undergraduate theses, Universitas Parahyangan]. <https://repository.unpar.ac.id/handle/123456789/952?show=full>
- Gill, F. L., Viswanathan, K. K., & Karim, M. Z. A. (2018). The critical review of the pollution haven hypothesis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(1), 167–174.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. 3914. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Journal of Finance*, 21(3), 550. <https://doi.org/10.2307/2977834>
- Gürdür Broo, D., Lamb, K., Ehwi, R. J., Pärn, E., Koronaki, A., Makri, C., & Zomer, T. (2021). Built environment of Britain in 2040: Scenarios and strategies. *Sustainable Cities and Society*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102645>
- Haseeb, A., Xia, E., Saud, S., Ahmad, A., & Khurshid, H. (2019). Does information and communication technologies improve environmental quality in the era of globalization? An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(9), 8594–8608. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04296-x>
- Hutapea, B. C., & Priharjanto, A. (2022). Pengaruh ekspor, penanaman modal asing, dan dana perimbangan terhadap perekonomian regional. *Jurnal Perspektif Bea Dan Cukai*, 6(2), 409–427. <https://doi.org/10.31092/jpbc.v6i2.1781>
- IDN Research Institute. (n.d.-a). *Indonesia gen Z report 2022*. <https://cdn.idntimes.com/content-documents/indonesia-gen-z-report-2022.pdf>
- IDN Research Institute. (n.d.-b). *Indonesia millenial report 2022*. <https://cdn.idntimes.com/content-documents/indonesia-millennial-report-2022.pdf>
- Kartiasih, F., & Setiawan, A. (2020). Aplikasi error correction mechanism dalam analisis dampak pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan perdagangan internasional terhadap emisi CO₂ di Indonesia. *Media Statistika*, 13(1), 104–115. <https://doi.org/10.14710/medstat.13.1.104-115>

- Kartasih, F., Djalal Nachrowi, N., Wisana, I. D. G. K., & Handayani, D. (2022). Inequalities of Indonesia's regional digital development and its association with socioeconomic characteristics: A spatial and multivariate analysis. *Information Technology for Development*, 29(2-3), 1-30. <https://doi.org/10.1080/02681102.2022.2110556>
- Kartasih, F., Nachrowi, N. D., Wisana, I. D. G. K., & Handayani, D. (2023a). *Potret ketimpangan digital dan distribusi pendapatan di Indonesia: Pendekatan regional digital development index* (1st ed.). UI Publishing.
- Kartasih, F., Nachrowi, N. D., Wisana, I. D. G. K., & Handayani, D. (2023b). Towards the quest to reduce income inequality in Indonesia: Is there a synergy between ICT and the informal sector? *Cogent Economics & Finance*, 11(2), 1-18.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Handbook of energy & economy statistics of Indonesia*. <https://esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2023.pdf>
- Khan, F. N., Sana, A., & Arif, U. (2020). Information and communication technology (ICT) and environmental sustainability: A panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 36718-36731. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09704-1>
- Li, Z., Li, N., & Wen, H. (2021). Digital economy and environmental quality: Evidence from 217 cities in China. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su13148058>
- Liu, L., Zhang, Y., Gong, X., Li, M., Li, X., Ren, D., & Jiang, P. (2022). Impact of digital economy development on carbon emission efficiency: A spatial econometric analysis based on Chinese provinces and cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22).
- Majeed, M. T., & Luni, T. (2019). Renewable energy, water, and environmental degradation: A global panel data approach. *Pakistan Journal of Commerce and Social Science*, 13(3), 749-778.
- Maryunani. (2018). Pengelolaan sumberdaya alam dan pembangunan ekonomi secara berkelanjutan (I). UB Press.
- McCall MacBain Foundation. (2022). Environmental performance index 2022 (Vol. 57, Issue 25). <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi>
- Miswa, S. Do, & Kartasih, F. (2025). Nexus between rural poverty and environmental quality: empirical evidence from Indonesia. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 9(1), 57-81. <https://doi.org/10.1007/s41685-024-00370-6>
- Mohsin, M., Abbas, Q., Zhang, J., Ikram, M., & Iqbal, N. (2019). Integrated effect of energy consumption, economic development, and population growth on CO₂ based environmental degradation: A case of transport sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(32), 32824-32835. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06372-8>
- Nathaniel, S. P., Nwulu, N., & Bekun, F. (2021). Natural resource, globalization, urbanization, human capital, and environmental degradation in Latin American and Caribbean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 6207-6221. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10850-9>
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2020). Decarbonising urban mobility with land use and transport policies: The case of Auckland, New Zealand. <https://doi.org/10.1787/095848a3-en>
- Pribadi, W., & Kartasih, F. (2020). Environmental quality and poverty assessment in Indonesia. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 10(1), 89-97. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.1.89-97>
- Saleh, H., Surya, B., Ahmad, D. N. A., & Manda, D. (2020). The role of natural and human resources on economic growth and regional development: With discussion of open innovation dynamics. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 1-23. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040103>

- Stanovic, M. (2022). Internet and the environment: A catalyst to consumerism and environmental degradation [Thesis, Fordham University]. https://research.library.fordham.edu/environ_2015/135/
- Suhardi. (2021). Keunggulan komparatif ekspor Indonesia. *JEM Jurnal Ekonomi Dan Manajemen*, 7(1), 29–46.
- Sukono, Albra, W., Zulham, T., Iskandarsyah, Saputra, J., Subartini, B., & Thalia, F. (2019). The effect of gross domestic product and population growth on CO₂ emissions in Indonesia: An application of the ant colony optimisation algorithm and cobb-douglas model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 313–319. <https://doi.org/10.32479/ijep.8011>
- Sun, J., & Chen, J. (2023). Digital economy, energy structure transformation, and regional carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11), 1–16.
- Tapscott, D. (1996). *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence*. McGraw Hill.
- Wafiq, A. N., & Suryanto, S. (2021). The impact of population density and economic growth on environmental quality: Study in Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, 22(2), 301–312. <https://doi.org/10.18196/jesp.v22i2.10533>
- Wang, J., Luo, X., & Zhu, J. (2022). Does the digital economy contribute to carbon emissions reduction? A city-level spatial analysis in China. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 20(2), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.06.001>
- Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 66(2–3), 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021>
- Xie, H., Chang, S., Wang, Y., & Afzal, A. (2023). The impact of e-commerce on environmental sustainability targets in selected European countries. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 36(1), 230–242. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2117718>
- Yang, Q., Ma, H., Wang, Y., & Lin, L. (2022). Research on the influence mechanism of the digital economy on regional sustainable development. *Procedia Computer Science*, 202, 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.04.025>
- Zhu, Z., Liu, B., Yu, Z., & Cao, J. (2022). Effects of the digital economy on carbon emissions: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19159450>
- Zulfikar, R., Mayvita, P. A., & Purboyo. (2019). *Pengantar green economy*. Deepublish.