



Paradoks Digital: Analisis Dampak Infrastruktur Digital dan Pemerintahan Digital terhadap Kualitas Lingkungan

Nicholas Chang¹, Luky Patricia Widianingsih^{2*}

^{1,2}Akuntansi, Universitas Ciputra, Indonesia

Email: luky.patricia@ciputra.ac.id*¹

Doi: <https://doi.org/10.37339/e-bis.v10i1.2940>

Diterbitkan oleh Politeknik Piksi Ganesha Indonesia

Info Artikel

Diterima :
2025-12-23
Diperbaiki :
2026-01-10
Disetujui :
2026-01-17

Kata Kunci:

**Infrastruktur Digital;
Digitalisasi Pemerintah;
Kualitas Lingkungan;
Keberlanjutan**

Keywords:

**Digital Infrastructure;
Digital Government;
Environmental Quality;
Sustainability**

ABSTRAK

Studi ini menganalisis bagaimana transformasi digital yang semakin cepat di Indonesia memengaruhi kualitas lingkungan dengan mengkaji pengaruh infrastruktur digital dan pemerintahan digital di 38 provinsi. Meskipun digitalisasi sering dianggap mendukung keberlanjutan, dampaknya terhadap lingkungan terutama di negara berkembang masih belum terbukti. Penelitian ini menggunakan data *cross-sectional* tahun 2024 dengan metode regresi linier berganda untuk mengevaluasi apakah aspek teknologi dan institusional dapat meningkatkan Indeks Kualitas Lingkungan (IKLH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik infrastruktur digital maupun digitalisasi pemerintah memiliki dampak signifikan negatif secara statistik terhadap kualitas lingkungan sehingga menimbulkan ketidakcocokan antara kemajuan digital dan keberlanjutan ekologi. Temuan ini menantang asumsi bahwa digitalisasi secara inheren ramah lingkungan dan mengungkap risiko ketika perluasan digital tidak dilengkapi dengan jaminan lingkungan. Studi ini memberikan bukti empiris tentang pembangunan berkelanjutan dan menekankan perlunya kebijakan yang mengintegrasikan pertimbangan ekologi ke dalam strategi digital nasional untuk memastikan pertumbuhan teknologi yang tangguh secara lingkungan.

ABSTRACT

This study analyzes how the accelerating digital transformation in Indonesia affects environmental quality by examining the impact of digital infrastructure and digital governance in 38 provinces. Although digitization is often considered to support sustainability, its impact on the environment, especially in developing countries, remains unproven. This study uses cross-sectional data from 2024 with multiple linear regression to evaluate whether technological and institutional aspects can improve the Environmental Quality Index (EQI). The results show that both digital infrastructure and digital governance have a statistically significant negative impact on environmental quality, creating a mismatch between digital progress and ecological sustainability. These findings challenge the assumption that digitalization is inherently environmentally friendly and reveal the risks when digital expansion is not accompanied by environmental safeguards. This study provides empirical evidence on sustainable development and emphasizes the need for policies that integrate ecological considerations into national digital strategies to ensure environmentally resilient technological growth.

Alamat Korespondensi : Jl. Letnan Jenderal Suprpto No.73 Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia 54311

PENDAHULUAN

Transformasi digital merupakan kegiatan yang sedang gencar dilakukan oleh setiap negara di dunia, termasuk Indonesia. Transformasi ini telah menjadi salah satu prioritas utama dalam

pembangunan nasional Indonesia. Salah satu pendorong bagi setiap negara untuk melakukan transformasi adalah pandemi Covid-19 yang telah menjadi katalisator bagi pembentukan masyarakat digital pada tahun-tahun mendatang (Santoso & Alamsyah, 2023). Selain itu, proses digitalisasi ini juga didukung oleh kebijakan pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk mendorong komunitas dan pelaku usaha, terutama bagi perusahaan atau Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di sektor ekonomi kreatif (Bangsawan, 2023). Peran pemerintah dalam transformasi ini diperkuat melalui Peraturan Presiden Nomor 95/2018 yang meluncurkan sistem pemerintahan berbasis elektronik untuk mendorong proses digitalisasi pemerintah guna menciptakan iklim baru yang lebih efisien dan efektif (Kusumawati, 2024).

Komitmen pemerintah dalam transformasi digital terus diperkuat melalui regulasi atau pengembangan digitalisasi pemerintah yang selalu diperbarui secara berkala. Namun, distribusi yang merata dan penguatan infrastruktur digital di Indonesia masih menjadi tantangan besar yang harus diselesaikan dan memerlukan perhatian lebih lanjut dari para pemangku kepentingan. Menurut Institute (2024), Indonesia masih berada di peringkat ke-48 dari 133 negara, sehingga pemerintah harus lebih giat dalam mengadopsi perkembangan teknologi yang sudah ada. Hal ini didukung oleh Komdigi (2024b), yang menyatakan bahwa ketersediaan akses broadband masih tidak merata di seluruh Indonesia. Oleh karena itu, pada tahun 2024 pemerintah fokus pada mendorong pengembangan infrastruktur digital untuk mendukung konektivitas internet berkualitas di seluruh Indonesia guna memastikan kesiapan negara dalam menghadapi perkembangan teknologi yang cepat (Komdigi, 2024a).

Di tengah percepatan transformasi digital, keberlanjutan lingkungan merupakan agenda nasional yang juga perlu dipertimbangkan oleh pemerintah daerah. Peraturan Presiden Nomor 59/2017 merupakan bukti nyata komitmen pemerintah Indonesia dalam mewujudkan pembangunan yang ramah lingkungan dan berfokus pada keberlanjutan (Yulia & Supriatna, 2024; Irhamsyah, 2019). Selain itu, Indonesia juga merupakan tuan rumah Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) G-20 pada tahun 2022. Dengan kata lain, hal ini menunjukkan bahwa kontribusi Indonesia semakin penting dalam membangun ekonomi global yang lebih tangguh terhadap krisis di masa depan (Miranti et al., 2024; Taqwa et al., 2025). Seluruh kegiatan tersebut bertujuan untuk mewujudkan visi Indonesia Emas 2045 dengan menyeimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan sesuai dengan standar ekonomi hijau berkelanjutan (Limanseto, 2024).

Namun, dua agenda pemerintah tersebut belum memiliki bukti yang kuat apakah peningkatan digitalisasi berkorelasi dengan peningkatan kualitas lingkungan. Kondisi saat ini menyatakan bahwa sampah elektronik menjadi semakin banyak karena produk elektronik modern tidak memiliki siklus hidup yang panjang (Quinto et al., 2025). Meskipun pengelolaan limbah elektronik secara teknis masih memungkinkan untuk dilakukan, tetapi hal tersebut sangat mahal dan memerlukan dana yang besar untuk daur ulang dalam skala besar (Lee et al., 2024). Selain itu, sistem-sistem ini juga memiliki banyak kelemahan, mereka tidak terlalu memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan tetapi lebih memprioritaskan penghematan biaya (Abalansa et al., 2021). Dengan kata lain, pengelolaan tersebut tidak sejalan dengan tujuan yang telah disepakati sebelumnya.

Menurut Fajri (2023) dan Pukuh et al. (2025), transformasi digital terutama untuk kebutuhan fintech di 38 kabupaten/kota Jawa Timur dan 34 provinsi di Indonesia meningkatkan efisiensi pembangunan hijau melalui indeks daya saing digital yang positif signifikan sehingga menurunkan emisi karbon monoksida dan meningkatkan kualitas lingkungan. Setiawan *et al.* (2023) juga

menyatakan bahwa adopsi *Internet of Things* (IoT), peningkatan infrastruktur, dan penerapan standar keamanan data telah terbukti memfasilitasi sistem pemantauan lingkungan yang lebih efisien dan berkelanjutan di Indonesia. Demikian pula, Budiono & Utomo (2024) yang menekankan bahwa infrastruktur digital dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi energi bangunan dan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon. Hal ini didukung oleh Melania *et al.* (2024) yang mengatakan bahwa Teknologi *smart city* di Semarang memfasilitasi pemantauan *real-time* lingkungan sehingga mengurangi dampak ekologis. Melalui sudut pandang *Sustainable Development Goals* (SDGs), Farida *et al.* (2023) dan Asongu (2018) mengemukakan bahwa infrastruktur digital tentu berpeluang besar dalam memitigasi resiko kerusakan lingkungan baik di skala nasional maupun internasional sehingga mendukung penggunaan infrastruktur digital untuk membantu menjaga kualitas lingkungan.

Namun, penelitian Judijanto *et al.* (2024) menjelaskan pembangunan infrastruktur komunikasi/navigasi di sekitar Ibu Kota Nusantara (IKN) berkorelasi positif signifikan dengan degradasi lingkungan, deforestasi, dan polusi. Dengan kata lain, degradasi lingkungan terjadi ketika infrastruktur digital dibangun secara masif. Hal ini sejalan dengan Liao & Kim (2024) dan Jung & Rogers (2024) yang menyatakan bahwa pendekatan ramah lingkungan perlu dilakukan untuk memastikan infrastruktur digital tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Di sisi lain, transformasi digital juga berpotensi mengganggu ekosistem dan membatasi pergerakan hewan yang menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati (Kuncoro *et al.*, 2024; Habib & Saxena, 2024).

Maka dari itu, studi ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan penelitian dengan memanfaatkan Indeks Kualitas Lingkungan (IKLH) yang merupakan indikator resmi kinerja lingkungan di tingkat provinsi dan secara komprehensif mewakili kualitas air, udara, tanah, dan air laut untuk memastikan efek dari transformasi digital secara langsung (Ditjen PPKL, 2024). Selain itu, penelitian ini menggunakan indikator infrastruktur digital dan digitalisasi pemerintah yang mencerminkan kapasitas institusional untuk memanfaatkan teknologi guna mewujudkan tata kelola yang lebih ramah lingkungan (Komdigi, 2024a). Dengan kata lain, rumusan masalah penelitian ini adalah apakah transformasi digital yang sedang berlangsung di Indonesia membawa manfaat ekologis atau justru merupakan paradoks yang mengancam keberlanjutan.

Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi akademis dan praktis dalam merancang kebijakan digital yang tidak hanya modern dan efisien, tetapi juga berkelanjutan secara ekologis. Hal ini juga memperkuat argumen bahwa kesuksesan digitalisasi di Indonesia harus diukur tidak hanya dari aspek teknologi, tetapi juga dari dampaknya terhadap bumi dan masa depan. Berbeda dengan studi sebelumnya yang menganalisis infrastruktur atau kesiapan institusional secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan kedua dimensi tersebut untuk mengungkap implikasi ekologisnya pada tingkat nasional.

KAJIAN PUSTAKA

Teori Modernisasi Ekologis

Teknologi yang terus berkembang dan fokus dunia pada keberlanjutan dapat dijelaskan oleh Teori Modernisasi Ekologis (EMT). Teori ini membahas penggunaan inovasi teknologi yang terus berkembang demi mengatasi kerusakan lingkungan akibat proses industrialisasi dan urbanisasi yang telah dilakukan oleh manusia (Islam, 2024). Prinsip dasar modernisasi ekologi adalah perlindungan lingkungan dan inovasi teknologi dapat saling memperkuat satu sama lain (de la Puente *et al.*, 2025). Teori ini didasarkan pada keyakinan bahwa adopsi teknologi yang baik dan

praktik berkelanjutan dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan meningkatkan kinerja ekonomi. Dengan kata lain, modernisasi ini dapat membawa perubahan signifikan dalam tata kelola dan kebijakan publik (Bugden, 2022). Menurut Kampas et al. (2021), modernisasi ekologi memerlukan keterlibatan pemangku kepentingan, seperti lembaga pemerintah, bisnis, dan masyarakat sipil untuk mendorong pendekatan kolaboratif dalam mengatasi tantangan lingkungan yang ada. Dalam konteks penelitian ini, EMT merupakan kerangka teoritis dasar yang digunakan untuk memahami bagaimana infrastruktur digitalisasi pemerintah sebagai bagian dari inovasi teknologi dan keterlibatan langsung pemangku kepentingan dapat memberikan dampak positif terhadap kesehatan lingkungan. Kedua indikator ini relevan untuk digunakan dan dimanfaatkan dalam menentukan dampak proses digitalisasi yang dianggap dapat meningkatkan Indeks Kualitas Lingkungan di Indonesia.

Kualitas Lingkungan

Kualitas lingkungan tidak memiliki definisi tunggal yang statis, melainkan bersifat multidimensi. Kualitas lingkungan didefinisikan secara teknis sebagai kondisi atau keadaan unsur-unsur lingkungan (biotik dan abiotik) yang sesuai dengan spesifikasi atau standar mutu tertentu untuk mendukung kehidupan organisme (Ditjen PPKL, 2024). Menurut Banzhaf et al. (2014), kualitas lingkungan adalah interaksi antara karakteristik objektif lingkungan fisik dengan persepsi subjektif manusia mengenai kepuasan hidup. Dengan kata lain, kualitas lingkungan tidak hanya tentang bersihnya air atau udara, tetapi juga tentang kapasitas lingkungan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan, kenyamanan, dan keberlanjutan. Penelitian ini memanfaatkan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) sebagai representasi dari kualitas lingkungan yang membantu masyarakat Indonesia untuk mengukur dan memantau kesehatan suatu wilayah, yang diukur berdasarkan empat dimensi utama, yaitu indeks kualitas air, indeks kualitas air laut, indeks kualitas tanah, dan indeks kualitas udara (Ditjen PPKL, 2024). Maka dari itu, IKLH dapat digunakan sebagai acuan bagi pemangku kepentingan dalam mengukur keberhasilan program pengelolaan lingkungan.

Pada sudut pandang EMT, perbaikan kualitas lingkungan seperti penurunan emisi SO₂ atau perbaikan baku mutu air dipandang sebagai hasil dari difusi teknologi bersih, bukan hasil dari de-industrialisasi. Negara Eropa Utara membuktikan bahwa adopsi teknologi end-of-pipe dan clean production telah berhasil memulihkan kualitas udara dan air sungai pasca-industrialisasi (Arsel, 2018). Selain itu, EMT juga memandang bahwa kualitas lingkungan dapat ditingkatkan dengan cara menginternalisasi nilai ekonomi ke dalam alam atau ekonomisasi ekologis dan menyuntikkan rasionalitas ekologis ke dalam proses ekonomi atau ekologisasi ekonomi layaknya mekanisme pasar karbon dan sertifikasi hijau (Bush & Spaargaren, 2024).

Infrastruktur Digital

Infrastruktur digital adalah teknologi yang digunakan untuk mendukung inovasi teknologi dan ekosistem digital guna menciptakan efisiensi dan produktivitas yang lebih tinggi (Lase et al., 2025; Nambisan et al., 2017). Infrastruktur ini merupakan landasan transformasi digital dan dianggap sebagai prasyarat utama dalam menciptakan akses yang adil terhadap informasi dan konektivitas antar wilayah, meningkatkan pengelolaan sumber daya, serta menjaga keberlanjutan lingkungan (Pramarta & Mardiyati, 2025; Arditha & Sutabri, 2024). Firman & Rahmawati (2023) menyatakan bahwa kesuksesan digitalisasi bergantung pada tata kelola kolaboratif yang

melibatkan pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat. Berdasarkan EMT, Infrastruktur digital mewakili inovasi teknologi yang berpotensi meningkatkan efisiensi dan pemantauan lingkungan. Pemanfaatan infrastruktur digital ini merupakan hubungan antara modernisasi dan ekologi yang dikejar oleh Indonesia untuk membantu menetralkan karbon dan mendukung penggunaan energi berkelanjutan (Belva & Raspati, 2024). Maka dari itu, hipotesis pertama adalah,

H1: Infrastruktur digital berpengaruh signifikan positif terhadap kualitas lingkungan.

Digitalisasi Pemerintah

Digitalisasi pemerintah merujuk pada upaya memanfaatkan teknologi dan informasi untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, transparansi, dan akuntabilitas pemerintah dalam penyediaan layanan publik yang baik (Marfu'ah *et al.*, 2024). Pemerintah yang terdigitalisasi juga memiliki berbagai manfaat, termasuk memberikan dampak positif bagi lingkungan sekitar, serta memudahkan komunikasi antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah (Rachmatullah & Purwani, 2022; Harahap & Harahap, 2023). Peluncuran aplikasi Identitas Kependudukan Digital (IKD) merupakan salah satu inisiatif digitalisasi yang dilakukan oleh pemerintah pusat dalam suatu sistem yang terintegrasi (Marfu'ah *et al.*, 2024). Berdasarkan EMT, digitalisasi pemerintah mencerminkan dukungan pemangku kepentingan dalam bentuk pembentukan kebijakan yang mendukung proses digitalisasi yang berkelanjutan. Maka dari itu, hipotesis kedua adalah,

H2: Digitalisasi pemerintah berpengaruh signifikan positif terhadap kualitas lingkungan.

METODE

Sampel, Variabel, dan Pengukuran

Penelitian ini memanfaatkan pendekatan kuantitatif dengan data sekunder yang mencakup 38 provinsi di Indonesia pada tahun 2024. Tahun tersebut dipilih karena mencerminkan fase pasca-pandemi di mana pemerintah Indonesia secara aktif mendorong transformasi digital sambil memperkuat agenda pembangunan berkelanjutan. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah Indeks Kualitas Lingkungan (IKLH), yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Indeks ini disajikan pada skala 0 hingga 100, di mana skor yang lebih tinggi menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih baik (Ditjen PPKL, 2024). Sementara itu, dua variabel independen yang digunakan dalam studi ini mewakili dimensi inti transformasi digital, yaitu Infrastruktur Digital (ID) dan Digitalisasi Pemerintah (DP). Infrastruktur digital mencerminkan ketersediaan, aksesibilitas, dan kesiapan teknologi digital di berbagai wilayah, termasuk penetrasi *broadband*, akses internet, dan fasilitas *Information and Communication Technology* (ICT) pendukung (Komdigi, 2024a). Digitalisasi pemerintah mengukur sejauh mana sistem digital diadopsi dalam penyediaan layanan publik, mencakup kapasitas institusional, integrasi *e-government*, dan layanan publik digital (Komdigi, 2024a). Kedua indeks tersebut dinilai pada skala 0 hingga 100, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat perkembangan digital yang lebih maju dan kematangan digital institusional yang lebih tinggi (Komdigi, 2024a). Data untuk kedua variabel independen dikumpulkan menggunakan pendekatan campuran, yang menggabungkan pengumpulan data melalui web scraping, survei online terstruktur, dan koordinasi multilevel dengan pemangku kepentingan, bekerja sama dengan 25 kementerian dan lembaga nasional, 486 organisasi pemerintah tingkat provinsi, 3.800 rumah tangga, dan 1.520 pelaku industri di seluruh Indonesia (Komdigi, 2024a).

Teknik Analisis

Data dianalisis menggunakan analisis regresi linier berganda, yang dilakukan dengan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 27, untuk mengkaji pengaruh transformasi digital terhadap kinerja lingkungan di berbagai provinsi di Indonesia. Persamaan regresi yang digunakan dalam studi ini diformulasikan sebagai berikut,

$$KL = \beta_0 + \beta_1 ID_i + \beta_2 DP_i + \varepsilon_i$$

KLi mewakili Indeks Kualitas Lingkungan untuk provinsi i , yang berfungsi sebagai variabel dependen. ID_i mencerminkan skor infrastruktur digital di provinsi i , sedangkan DP_i mencerminkan tingkat implementasi pemerintah digital di provinsi yang sama. Kedua variabel tersebut berfungsi sebagai variabel independen yang menangkap aspek kunci dari transformasi digital regional. Istilah ε_i mewakili komponen kesalahan, yang menjelaskan variasi lain yang tidak dijelaskan oleh model. Model regresi ini bertujuan untuk memperkirakan sejauh mana kemajuan dalam infrastruktur digital dan pemerintahan digital berkontribusi terhadap kualitas lingkungan di seluruh provinsi di Indonesia.

Uji asumsi klasik juga dilakukan untuk memastikan keandalan dan validitas model regresi. Normalitas residu diuji menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk menilai apakah residu mengikuti distribusi normal (Khatun, 2021; Cardoso *et al.*, 2023). Multikolinearitas dianalisis menggunakan *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk memastikan bahwa variabel independen tidak saling berkorelasi secara tinggi (Shrestha, 2020). Uji Glejser juga diterapkan untuk memeriksa heteroskedastisitas, mengevaluasi apakah varians residu tetap konstan di seluruh pengamatan (Raza *et al.*, 2023). Kesesuaian model secara keseluruhan dievaluasi menggunakan uji F, sementara signifikansi individu dari setiap variabel independen dianalisis menggunakan uji t . Koefisien determinasi (*R-squared*) dan *R-squared* yang disesuaikan disajikan untuk mengukur sejauh mana model menjelaskan variasi pada variabel dependen. Prosedur statistik ini diterapkan untuk memastikan bahwa model regresi memenuhi asumsi yang diperlukan dan menghasilkan hasil yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Tabel 1 menampilkan statistik deskriptif dari variabel-variabel yang digunakan dalam studi ini. Studi ini terdiri dari 38 pengamatan. Nilai rata-rata infrastruktur digital (ID) adalah 53/8942 dengan simpangan baku 8.5860, berkisar antara nilai minimum 40.90 hingga maksimum 79.26. Nilai rata-rata digitalisasi pemerintah (DP) adalah 52.3932 dengan simpangan baku 10.9116, dengan nilai minimum 36.13 dan maksimum 79.31. Sementara itu, kualitas lingkungan (KL) memiliki nilai rata-rata 75.1118, simpangan baku 5.5624, nilai minimum 56.39, dan nilai maksimum 83.75. Variasi ini menampilkan distribusi yang relatif luas di antara provinsi-provinsi, terutama untuk variabel-variabel independen sehingga menunjukkan ketidakmerataan dalam infrastruktur digital dan digitalisasi pemerintah yang dapat mempengaruhi tingkat kualitas lingkungan regional.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ID	38	40.90	79.26	53.8942	8.58600
DP	38	36.13	79.31	52.3932	10.91160
KL	38	56.39	83.75	75.1118	5.56235
Valid N (listwise)	38				

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 2, uji asumsi klasik menunjukkan bahwa model regresi memenuhi persyaratan statistik untuk analisis yang valid. Hasil uji normalitas menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0.200. Dengan kata lain, data sudah terdistribusi secara normal. Selain itu, uji multikolinearitas juga berada di batas normal, sebagaimana dibuktikan oleh nilai toleransi sebesar 0.556 dan *Variance Inflation Factor* (VIF) sebesar 1.799. Maka dari itu, kedua hasil tersebut tidak menunjukkan tanda-tanda multikolinearitas. Uji heteroskedastisitas menunjukkan nilai signifikansi 0.124 untuk infrastruktur digital dan 0.700 untuk digitalisasi pemerintah. Hasil ini membuktikan bahwa model regresi mematuhi asumsi klasik sehingga memperkuat ketahanan, konsistensi, dan kesesuaian model untuk pengujian hipotesis lebih lanjut.

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis regresi linier berganda. Hasil menunjukkan bahwa infrastruktur digital dan digitalisasi pemerintah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas lingkungan. Model ini memiliki nilai *R-squared* sebesar 75.2 persen dan nilai *adjusted R-squared* sebesar 73.8 persen, menunjukkan bahwa variabel independen menjelaskan lebih dari 73 persen variasi dalam kualitas lingkungan. Nilai uji F adalah 53.017 dengan tingkat signifikansi 0.000 yang mengonfirmasi bahwa model regresi signifikan secara keseluruhan. Koefisien infrastruktur digital adalah -0.377 dengan nilai signifikansi 0.000, sementara pemerintah digital memiliki koefisien -0.185 dengan nilai signifikansi 0.003. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan digitalisasi saat ini sebenarnya memperburuk kualitas lingkungan di Indonesia. Dengan kata lain, hasil ini bertentangan dengan teori modernisasi ekologi, sehingga kedua hipotesis ditolak. Hipotesis 1 (H1), yang menyatakan bahwa infrastruktur digital memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kualitas lingkungan di Indonesia, ditolak karena hubungan yang ditemukan bersifat negatif secara signifikan. Hipotesis 2 (H2) yang mengasumsikan pengaruh positif dan signifikan dari digitalisasi pemerintah terhadap kualitas lingkungan, juga ditolak karena hubungan yang ditemukan bersifat negatif secara signifikan.

Tabel 2. Asumsi Klasik dan Regresi Linier Berganda

Jenis Uji	Variabel	Nilai
Uji Normalitas	Residual	Asymp. Sig. (2-tailed) = 0.200
Uji Multikolinearitas	ID, DP	Tolerance = 0.556 VIF = 1.799
Uji Heteroskedastisitas	ID: Sig = 0.124 DP: Sig = 0.700	
Regresi Linier Berganda	Model (ID dan DP → KL)	R ² = 0.752 Adj R ² = 0.738
	ID → KL	B = -0.377 Sig = 0.000
	DP → KL	B = -0.185 Sig = 0.003
	Uji-F	F = 53.017 Sig = 0.000

Sumber: Data Diolah (2025)

Pembahasan

Pengaruh Infrastruktur Digital terhadap Kualitas Lingkungan di Indonesia

Digitalisasi sebenarnya justru memperburuk kualitas lingkungan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Liao & Kim (2024) dan Jung & Rogers (2024) yang menyatakan bahwa pengembangan infrastruktur digital terbukti secara signifikan merusak kesehatan lingkungan. Hal ini menunjukkan ketidakselarasan antara adopsi teknologi dan hasil ekologi. Menurut Goel *et al.*, (2024), meskipun digitalisasi memiliki potensi untuk mengoptimalkan sumber daya, pengendalian emisi, dan pemantauan lingkungan, hal tersebut dapat menciptakan *trade-off* lingkungan yang kompleks. *Trade-off* ini meliputi peningkatan permintaan energi, volume limbah elektronik yang meningkat, dan ketergantungan yang lebih besar pada ekstraksi sumber daya yang intensif. Sanchez-Cuadrado & Morato (2024) dan Gelenbe (2023) juga menyatakan bahwa konsumsi digital sering kali salah dipahami sebagai netral lingkungan atau “bersih” karena sifatnya yang tak terlihat. Selain itu, digitalisasi menciptakan pasar dan pola konsumsi baru yang sebelumnya tidak ada sehingga menciptakan permintaan baru yang membutuhkan daya komputasi dan energi yang sangat besar (Lange *et al.*, 2023). Dengan kata lain, terjadi pergeseran beban lingkungan dari sektor fisik yang terlihat ke sektor yang kurang terlihat dan berpotensi menciptakan kerusakan yang lebih besar (Bluhm *et al.*, 2025).

Penggunaan infrastuktur digital menyembunyikan jejak karbon yang signifikan dan penggunaan listrik yang besar. Istrate *et al.* (2024) membuktikan bahwa dampak lingkungan terbesar sering kali bukan pada transmisi data itu sendiri, melainkan pada energi yang tertanam dalam produksi perangkat pengguna dan infrastruktur jaringan yang harus selalu aktif. Bahkan, emisi dari produksi satu perangkat elektronik jauh melampaui produksi ribuan lembar kertas (Tawedian, 2024). Tidak hanya itu, ekosistem jaringan yang masyarakat akses melalui situs web dengan kepadatan iklan tinggi (*Made-for-Advertising sites*) menghasilkan emisi karbon yang lebih besar daripada rata-rata situs web (Pärssinen *et al.*, 2018). Di sisi lain, maraknya pengembangan *artificial intelligence* (AI) dapat mengonsumsi antara 3.800 hingga 7.200 MWh listrik dalam proses pelatihan model bahasa sehingga dapat memicu biaya karbon yang sangat tinggi (Alex, 2025).

Dari perspektif Teori Modernisasi Ekologis (EMT), temuan ini menyoroti kesenjangan yang signifikan antara kemajuan teknologi dan reformasi lingkungan. EMT berpendapat bahwa inovasi, restrukturisasi institusional, dan modernisasi teknologi dapat mendorong keberlanjutan ekologis (Julkovski *et al.*, 2021). Namun, dalam konteks negara Indonesia, digitalisasi tampaknya telah melampaui kemampuan pemerintah Indonesia untuk mengatur dan mengarahkannya menuju hasil yang berkelanjutan (Dudhat & Agarwal, 2023). Meskipun digitalisasi secara teori kompatibel dengan keberlanjutan tetapi, sebenarnya dapat memberikan efek domino yang meningkatkan potensi kerusakan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh integrasi yang lemah antara kebijakan keberlanjutan dengan perencanaan nasional, serta ketidaksiapan infrastruktur dan penyedia layanan dalam menerapkan prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan (Willar & Trigunaryah, 2020).

Dinamika ini memperkuat argumen bahwa digitalisasi saja tidak menjamin kemajuan ekologis. Pengembangan teknologi digital harus diimbangi dengan evolusi tata kelola lingkungan dan kerangka institusional yang diperlukan untuk memastikan keberlanjutan yang menjadi agenda utama di Indonesia. Hal ini sejalan dengan tren yang diamati di Indonesia, di mana digitalisasi yang tidak disertai dengan penerapan praktik bisnis ramah lingkungan justru

menghambat pertumbuhan ekonomi hijau yang berkelanjutan (Febriyanti *et al.*, 2024). Dengan kata lain, digitalisasi berkelanjutan belum sepenuhnya terintegrasi dalam agenda negara. Tanpa pengawasan komprehensif dan keselarasan dengan tujuan keberlanjutan, sistem digital yang semula dianggap sebagai solusi justru kontraproduktif terhadap kualitas hidup lingkungan.

Pengaruh Digitalisasi Pemerintah terhadap Kualitas Lingkungan di Indonesia

Transformasi digital di sektor pemerintahan Indonesia yang dimanifestasikan melalui integrasi Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) dan pembangunan Pusat Data Nasional (PDN) sering kali dianggap sebagai katalisator efisiensi birokrasi dan keberlanjutan. Namun, migrasi masif tersebut membawa eksternalitas negatif yang signifikan terhadap kualitas lingkungan akibat ketergantungan struktural pada sumber energi fosil dan inefisiensi tata kelola data (Nurjani *et al.*, 2025). Hasil penelitian ini sejalan dengan Firmandayu & Elfaki (2023) dan Rosanti *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa digitalisasi pemerintah berdampak negatif pada keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Infrastruktur data pendukung digitalisasi pemerintah di Jawa-Bali masih sangat bergantung pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) batubara (Kusuma *et al.*, 2022). Lonjakan permintaan ini secara langsung meningkatkan pembakaran bahan bakar fosil untuk memenuhi *baseload* 24/7 yang dibutuhkan pusat data. Syamsuri & Pakartipangi (2025) dan IESR (2024) mengonfirmasi bahwa ekspansi kapasitas pusat data nasional, yang tumbuh sekitar 20% per tahun, secara langsung meningkatkan permintaan beban dasar (*baseload*) energi fosil yang signifikan. Dalam konteks ini, perpindahan layanan publik ke platform digital tidak menghilangkan jejak karbon, melainkan hanya memindahkannya dari emisi transportasi fisik ke emisi stasioner pembangkit listrik.

Di sisi lain, inefisiensi arsitektur data memperburuk dampak ekologis melalui fenomena redundansi infrastruktur. Insiden pada Pusat Data Nasional Sementara (PDNS) menyoroti fragmentasi tata kelola di mana banyak instansi pemerintah masih mempertahankan server lokal yang beroperasi secara paralel dengan infrastruktur awan nasional (Anugrah *et al.*, 2022). Kondisi ini menciptakan *zombie servers* dimana perangkat keras terus mengonsumsi listrik tanpa memberikan nilai komputasi yang optimal (Panneerselvam *et al.*, 2017). Menurut Chen *et al.* (2025), efisiensi energi global mencatat bahwa *server* yang tidak terkelola dengan baik dapat memboroskan hingga 40-50% daya listrik hanya untuk pendinginan, dan menghasilkan nilai *Power Usage Effectiveness* (PUE) yang jauh di atas standar efisiensi industri global. Loughborough University (2024) membuktikan bahwa akumulasi data yang tidak terpakai seperti arsip digital instansi yang duplikatif dan tidak terstruktur menghasilkan emisi karbon laten yang terus menerus membebani kapasitas penyimpanan. Tanpa kebijakan penghapusan data yang agresif dan standar *Green Data Center* yang diwajibkan secara regulasi, transformasi digital pemerintah Indonesia justru mempercepat degradasi lingkungan (Puteri, 2024).

Selain itu, ketiadaan kerangka kerja audit lingkungan yang spesifik pada digitalisasi pemerintah menciptakan "kekosongan hukum" yang memungkinkan perusahaan beroperasi tanpa standar efisiensi energi yang ketat (Latisha & Dirkhahreshza, 2024). Hal tersebut terbukti dari tata kelola perusahaan yang sering kali gagal menangkap dampak lingkungan karena regulasi pemerintah belum dimaksimalkan untuk mencakup aset digital sebagai sumber emisi (Chen *et al.*, 2024). Asykari *et al.* (2025) juga menyatakan bahwa kerangka kerja pada banyak organisasi termasuk pemerintah belum mampu mengadopsi digitalisasi yang memiliki

framework *Green IT Governance* dengan matang sehingga keputusan investasi teknologi dibuat tanpa penilaian dampak lingkungan yang memadai sejak awal.

Implikasi dari temuan ini memerlukan tindakan segera. Pemerintah harus mempercepat pembangunan infrastruktur digital dan modernisasi administrasi disertai dengan konsep keberlanjutan lingkungan yang kuat ke dalam agenda nasional Indonesia. Maka dari itu, pemerintah harus memprioritaskan pengadaan perangkat *Information and Communication Technology* (ICT) yang berkelanjutan, memastikan pengelolaan limbah elektronik yang tepat, dan menetapkan kebijakan serta regulasi yang mendorong kepatuhan dan pemantauan lingkungan. Melalui upaya tersebut, janji modernisasi ekologi dapat terwujud sehingga proses digitalisasi harus dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung kelangsungan hidup manusia dan menjaga kualitas lingkungan.

SIMPULAN

Studi ini menganalisis hubungan antara transformasi digital dan kualitas lingkungan di Indonesia dengan mengkaji hubungan antara infrastruktur digital dan digitalisasi pemerintahan dengan kualitas lingkungan pada tingkat provinsi. Temuan menunjukkan bahwa infrastruktur digital dan digitalisasi pemerintahan memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kualitas lingkungan. Dengan kata lain, temuan ini bertentangan dengan Teori Modernisasi Ekologis (EMT), yang menyatakan bahwa kemajuan teknologi dapat mendukung keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dengan menyajikan bukti empiris bahwa tanpa didukung oleh kebijakan dan implementasi yang baik, digitalisasi dapat memperburuk keberlanjutan lingkungan di Indonesia.

Berdasarkan temuan ini, penelitian ini merekomendasikan perlunya intervensi kebijakan terintegrasi untuk mendorong transformasi digital dengan fokus pada keberlanjutan lingkungan. Pihak berkepentingan harus menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan sepanjang siklus hidup infrastruktur digital dengan memberikan kejelasan mengenai kebijakan pengelolaan limbah elektronik dan memperkuat posisi pemerintah untuk meminimalkan dampak lingkungan negatif dari transformasi digital. Rekomendasi ini khususnya relevan bagi negara-negara berkembang seperti Indonesia yang sedang menjalani digitalisasi berskala besar namun regulasinya belum sejalan dengan proses adopsi teknologi.

Keterbatasan penelitian ini adalah ketersediaan data yang tidak memadai. Analisis data hanya mengandalkan data lintas sektor dari provinsi-provinsi di Indonesia untuk tahun 2024. Rentang waktu yang terbatas tersebut dapat menghambat pengamatan tren jangka panjang dalam hubungan antara transformasi digital dan kualitas lingkungan di Indonesia. Studi ini juga tidak memperhitungkan faktor-faktor institusional atau perilaku yang tidak teramati, seperti kualitas penegakan kebijakan atau kesadaran lingkungan masyarakat, yang dapat memoderasi atau memediasi dampak digitalisasi. Oleh karena itu, penelitian di masa depan disarankan untuk menggunakan pendekatan data panel selama beberapa tahun, memasukkan rentang variabel moderasi yang lebih luas, dan mengeksplorasi studi perbandingan antar negara. Hal ini akan memfasilitasi pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif tentang hubungan antara digitalisasi dan lingkungan, membantu pemerintah menavigasi jalur pembangunan yang lebih berkelanjutan.

REFERENSI

- Abalansa, S., El Mahrad, B., Icely, J., & Newton, A. (2021). Electronic waste, an environmental problem exported to developing countries: The good, the bad and the ugly. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095302>.
- Alex, A. (2025). Sustainable energy strategies for data centers in the AI era. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 15(2), 001–007. <https://doi.org/10.30574/WJAETS.2025.15.2.0471>.
- Anugrah, Z. E., Zakaria, S., & Darmawan, I. (2022). Evaluasi Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (Spbe) Di Kota Bekasi Tahun 2020. *Jurnal Administrasi Pemerintahan (Janitra)*, 2(1), 13–24. <https://doi.org/10.24198/JANITRA.V2I1.41097>.
- Ardhitha, R., & Sutabri, T. (2024). Teknologi Pintar dalam Mewujudkan Kota Berkelanjutan. *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan*, 3(2), 207–216. <https://doi.org/10.58169/jwikal.v3i2.633>.
- Arsel, M. (2018). A treadmill or ecological modernization? A socioecological analysis of sustainability in fashion industry. *Agrarian, Food and Environmental Studies (AFES)*.
- Asongu, S. A. (2018). ICT, openness and CO2 emissions in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9351–9359. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1239-4>.
- Asy kari, M., Sabila, N. Z., & Was pod o, B. (2025). Analyzing Frameworks for Green IT Adoption in Organizations: A Systematic Literature Review. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 107–113. <https://doi.org/10.60083/JIDT.VI0.637>.
- Bangsawan, G. (2023). Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif. *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 27–40. <https://doi.org/10.21787/jskp.2.2023.27-40>.
- Banzhaf, E., De La Barrera, F., Kindler, A., Reyes-Paecke, S., Schlink, U., Welz, J., & Kabisch, S. (2014). A conceptual framework for integrated analysis of environmental quality and quality of life. *Ecological Indicators*, 45, 664–668. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2014.06.002>.
- Belva, C. D. Q., & Raspati, B. (2024). Pengembangan Teknologi Dalam Memanfaatkan Energi Terbarukan Di Ibu Kota Nusantara Dengan Program Smart City. *Journal of Law, Administration, and Social Science*, 4(5).
- Bluhm, H., Wohlschlager, D., Pohl, J., Beucker, S., Bieser, J., Schien, D., Widdicks, K., Friday, A., & Blair, G. S. (2025). Understanding digitalization's environmental impact: why LCA is essential for informed decision-making. *Npj Climate Action*, 4(1), 41. <https://doi.org/10.1038/S44168-025-00246-1>.
- Budiono, S. A., & Utomo, G. P. (2024). Tantangan Dan Peluang Implementasi Arsitektur Digital Dalam Mendukung Efisiensi Energi Di Jerman. *JoDA Journal of Digital Architecture*, 3(1), 15–20. <https://doi.org/10.24167/joda.v3i1.12646>.
- Bugden, D. (2022). Technology, decoupling, and ecological crisis: Examining ecological modernization theory through patent data. *Environmental Sociology*, 8(2), 228–241. <https://doi.org/10.1080/23251042.2021.2021604>.
- Bush, S. R., & Spaargaren, G. (2024). Ecological modernization theory. In *Edward Elgar Publishing eBooks* (pp. 183–188). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781803921044.ch33>.

- Cardoso, F. C., Berri, R. A., Lucca, G., Borges, E. N., & Mattos, V. L. D. de. (2023). Normality tests: a study of residuals obtained on time series tendency modeling. *Exacta*, 23(1), 134–158. <https://doi.org/10.5585/2023.22928>.
- Chen, X., Wan, P., Ma, Z., & Yang, Y. (2024). Does corporate digital transformation restrain ESG decoupling? Evidence from China. *Humanities and Social Sciences Communications* 2024, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02921-w>.
- Chen, X., Wang, X., Colacelli, A., Lee, M., & Xie, L. (2025). Electricity Demand and Grid Impacts of AI Data Centers: Challenges and Prospects. *Electrical Engineering and Systems Science*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.07218>.
- De La Puente, M., & Guzman, H. (2025). Environmental practices and ecosystem impact of SMEs: a comparative sectoral analysis in Venezuelan and Colombian coastal regions. *Cogent Social Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2025.2584360>.
- Ditjen PPKL. (2024). *Laporan Kinerja 2024*.
- Dudhat, A., & Agarwal, V. (2023). Indonesia's Digital Economy's Development. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, 4(2), 109–118. <https://doi.org/10.34306/ITSDI.V4I2.580>.
- Fajri, M. N. (2023). Strategy to support SDGs: Spatial analysis of digital transformation and regional government competition on green development efficiency in East Java. *East Java Economic Journal*, 7(2), 173–195. <https://doi.org/10.53572/ejavec.v7i2.108>.
- Farida, A., Karimi, S., & Putra, F. P. (2023). The role of digitalization on Sustainable Development: An Empirical study of Indonesia. *Daengku Journal of Humanities and Social Sciences Innovation*, 3(6), 1089–1099. <https://doi.org/10.35877/454ri.daengku2201>.
- Febriyanti, D., Haryani, S., Awaluddin, & Marwana. (2024). The Impact of Digital Economic Transformation on Green Economic Growth in Indonesia. *Jurnal Sinar Manajemen*, 11, 148–154. <https://doi.org/10.56338/jsm.v11i2.5884>.
- Firman, F., & Rahmawati, R. (2023). *Tata Kelola Smart City Dalam Perspektif Collaboratif Governance*. *The Indonesian Journal of Public Administration (IJPA)*, 9(1). <https://doi.org/10.52447/ijpa.v9i1.6903>.
- Firmandayu, N., & Elfaki, K. E. (2023). The Electronic Government Policy-Based Green Constitution Towards Good Governance. *Journal of Sustainable Development and Regulatory Issues (JSDERI)*, 1(2), 108–121. <https://doi.org/10.53955/jsderi.v1i2.11>.
- Gelenbe, E. (2023). Electricity Consumption by ICT: Facts, trends, and measurements. *Ubiquity*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3613207>.
- Goel, A., Masurkar, S., & Pathade, G. R. (2024). An Overview of Digital Transformation and Environmental Sustainability: Threats, Opportunities, and Solutions. *Sustainability (Switzerland)*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/su162411079>.
- Habib, B., & Saxena, A. (2024). Connectivity conservation through linear infrastructure mitigation: Taking small steps for a giant conservation effort. *Journal of Wildlife Science*, 1(2), 62–68. <https://doi.org/10.63033/jwls.bzog7974>.
- Harahap, A. F. R., & Harahap, A. M. (2023). Peran digitalisasi dalam meningkatkan partisipasi publik pada pengambilan keputusan tata negara. *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(2), 769. <https://doi.org/10.29210/1202323208>.
- IESR. (2024). *Indonesia Energy Transition Outlook 2025: Navigating Indonesia's Energy Transition at the Crossroads: A Pivotal Moment for Redefining the Future* (Vol. 5).

- <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2024/12/Indonesia-Energy-Transition-Outlook-2025-Digital-Version.pdf>.
- Islam, M. S. (2024). Ecological modernization. In *Encyclopedia of technological hazards and disasters in the social sciences* (pp. 196–202). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800882201.ch31>.
- Irhamisyah, F. (2019). Sustainable Development Goals (SDGs) dan Dampaknya Bagi Ketahanan Nasional. *Jurnal Kajian Lemhannas RI*, 38, 45–54. <https://doi.org/10.55960/jlri.v7i2.71>.
- Istrate, R., Tulus, V., Grass, R. N., Vanbever, L., Stark, W. J., & Guillén-Gosálbez, G. (2024). The environmental sustainability of digital content consumption. *Nature Communications* 2024 15:1, 15(1), 3724-. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47621-w>.
- Judijanto, L., Adiwijaya, S., & Marjan, M. (2024). Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Komunikasi dan Navigasi terhadap Degradasi Lingkungan di Sekitar IKN. *Jurnal Geosains West Science*, 2(03), 112–121. <https://doi.org/10.58812/jgws.v2i03.1677>.
- Julkovski, D. J., Sehnem, S., Bennet, D., & Leseure, M. (2021). Ecological Modernization Theory (EMT): Antecedents and Successors. *Indonesian Journal of Sustainability Accounting and Management*, 5(2). <https://doi.org/10.28992/ijSAM.v5i2.303>.
- Jung, S., & Rogers, M. (2024). Mobile phone adoption, deforestation, and agricultural land use in Uganda. *World Development*, 179, 106618. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106618>.
- Kampas, A., Rozakis, S., Faber, A., & Mamica, Ł. (2021). Assessing the green growth trajectory through resource and impact decoupling indices: The case of Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(3), 2573–2587. <https://doi.org/10.15244/pjoes/128585>.
- Khatun, N. (2021). Applications of Normality Test in Statistical Analysis. *Open Journal of Statistics*, 11(01), 113–122. <https://doi.org/10.4236/ojs.2021.111006>.
- Komdigi. (2024a). *indeks transformasi digital nasional*.
- Komdigi. (2024b). *Laporan Kinerja Kementerian Komdigi*.
- Kuncoro, E., Wurarah, R. N., & Erari, I. E. (2024). The impact of road infrastructure development on ecosystems and communities. *Social Ecology Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 1(2). <https://doi.org/10.61511/seesdgj.v1i2.2024.336>
- Kusuma, B., Kusuma Dewi, B., Fitria Departemen Kesehatan Lingkungan, L., & Kesehatan Masyarakat, F. (2022). Analisis Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di DKI Jakarta Tahun 2019-2021. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(7), 9160–9172. <https://doi.org/10.36418/SYNTAX-LITERATE.V7I7.8513>.
- Kusumawati, N. (2024). Dampak Digitalisasi Bagi Efektivitas Implementasi Akuntansi Pemerintahan di Indonesia. *Akuntanografi: Journal of Public Accounting*, 1(1).
- Lange, S., Frick, V., Gossen, M., Pohl, J., Rohde, F., & Santarius, T. (2023). The induction effect: why the rebound effect is only half the story of technology's failure to achieve sustainability. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1178089. <https://doi.org/10.3389/FRSUS.2023.1178089/BIBTEX>.
- Lase, D., Absah, Y., Lumbanraja, P., Giawa, Y., & Gulo, F. (2025). Infrastruktur Digital dalam Perspektif Konseptual: Kajian Teoretis, Temuan Empiris, dan Agenda Riset Masa Depan. *Tuhenori: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 3(1), 80–94. <https://doi.org/10.62138/tuhenori.v3i1.131>.

- Latisha, N., & Dirkhareshza, R. (2024). Optimalisasi Regulasi Transformasi Digital Perbankan dengan Implementasi Berbasis Environmental Social Governance Sebagai Bentuk Transisi Menuju Green Banking. *Jurnal Ilmiah Penegakan Hukum*, 11(2), 198–215. <https://doi.org/10.31289/JIPH.V11I2.13700>.
- Lee, J., Choi, H., & Kim, J. (2024). Environmental and economic impacts of e-waste recycling: A systematic review. *Chemical Engineering Journal*, 494, 152917. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2024.152917>.
- Liao, J., & Kim, H. Y. (2024). The Relationship between Green Infrastructure and Air Pollution, History, Development, and Evolution: A Bibliometric Review. *Sustainability*, 16(16), 6765. <https://doi.org/10.3390/su16166765>.
- Limanseto, H. (2024, July). *Pemerintah Dorong Penerapan Ekonomi Hijau untuk Stabilkan Pertumbuhan Ekonomi Jangka Panjang*.
- Loughborough University. (2024, July). *Loughborough experts shine a light on the climate change impact of dark data*. <https://www.lboro.ac.uk/schools/business-school/news/2024/climate-change-impact-of-dark-data/>.
- Marfu'ah, S., Kumalasari, A., & Swasanti, I. (2024). Digitalisasi Pelayanan Publik Ketidaksiapan Masyarakat Dalam Penggunaan Aplikasi Identitas Kependudukan Digital Di Bojonegoro. *Jurnal Ilmu Administrasi*, 15(2). <https://doi.org/10.23969/kebijakan.v15i02.12309>.
- Melania, N. M., Jundiani, J., & Umam, K. (2024). Peran Teknologi dan Urgensi Adanya Pengaturan Transformasi Teknologi Smart City dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam. *Al-Balad: Journal of Constitutional Law*, 6(2).
- Miranti, F. D., Akim, & Lanti, I. G. (2024). Indonesia's Foreign Policy in Organizing G20 Presidency in 2022. *Ilomata International Journal of Social Science*, 6(1), 33–47. <https://doi.org/10.61194/ijss.v6i1.1557>.
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). *Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research In A Digital World*. 41(1), 223–238. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41:1.03>.
- Nurjani, E., Indri, B., Astuti, D., Firmansyah, A. J., Fawzia, A. A., Sekaranom, A. B., & Suarma, U. (2025). Emissions Analysis of Railway Transportation in Java Island Indonesia for Climate Change Mitigation – Study Case in 2023. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 58(1), 31–46. <https://doi.org/10.5614/J.ENG.TECHNOL.SCI.2026.58.1.3>.
- Panneerselvam, J., Liu, L., Hardy, J., & Antonopoulos, N. (2017). Analysis, Modelling and Characterisation of Zombie Servers in Large-Scale Cloud Datacentres. *IEEE Access*, 5, 15040–15054. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2725898>.
- Pärssinen, M., Kotila, M., Cuevas, R., Phansalkar, A., & Manner, J. (2018). Environmental impact assessment of online advertising. *Environmental Impact Assessment Review*, 73, 177–200. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2018.08.004>.
- Portulans Institute. (2024). *Benchmarking the Future of the Network Economy*. <https://Networkreadinessindex.Org/Countries/>.
- Pramarta, P., & Mardiyati, S. (2025). Investasi dan Kemitraan untuk Energi Terbarukan dan Infrastruktur Digital. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 6(2), 658–665. <https://doi.org/10.55681/jige.v6i2.3775>.

- Pukuh, N., Widyasthika, H. F., & Hakim, S. M. (2025). Digital Transformation and the Environment: An analysis of the impact of digital transactions on carbon emissions in Indonesia. *Sriwijaya International Journal Of Dynamic Economics And Business*, 9(2), 1–20. <https://doi.org/10.29259/sijdeb.v9i1.1-20>.
- Puteri, D. S. (2024). Making Indonesia Sustainable: Shaping the Law to Reduce Digital Carbon Footprint. *Indonesian Journal of Advocacy and Legal Services*, 6(1), 77–102. <https://doi.org/10.15294/IJALS.V6I1.30561>.
- Quinto, S., Law, N., Fletcher, C., Le, J., Antony Jose, S., & Menezes, P. L. (2025). Exploring the E-Waste Crisis: Strategies for Sustainable Recycling and Circular Economy Integration. *Recycling*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/recycling10020072>.
- Rachmatullah, N., & Purwani, F. (2022). Analisis Pentingnya Digitalisasi & Infrastruktur Teknologi Informasi Dalam Institusi Pemerintahan: E-Government. *Jurnal FASILKOM*, 12(1), 14–19. <https://doi.org/10.37859/jf.v12i1.3512>.
- Raza, M., Ahmed, M., Razzaque, S., & Hina, H. (2023). Testing for Heteroskedasticity in The Presence of Outliers. *Journal of Education and Social Studies*, 4(2), 313–329. <https://doi.org/10.52223/jess.2023.4209>.
- Rosanti, H. P., Kartiasih, F., & A'mal, I. (2025). Analisis Spasial Pengaruh Ekonomi Digital terhadap Kualitas Lingkungan Hidup di Indonesia. *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 16(2).
- Sanchez-Cuadrado, S., & Morato, J. (2024). The Carbon Footprint of Spanish University Websites. *Sustainability (Switzerland)*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/su16135670>.
- Santoso, R. B., & Alamsyah, A. A. (2023). Digital Economy Working Group G20 Pada Masa Presidensi Indonesia Tahun 2022. *Jurnal Perdagangan Internasional*, 1(1), 17–33. <https://doi.org/10.33197/jpi.v1i1.1084>.
- Setiawan, Z., Hiswara, A., & Muthmainah, H. N. (2023). Mengoptimalkan Jaringan Sensor Nirkabel dalam Aplikasi Monitor Lingkungan dengan Teknologi IoT di Indonesia. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(10). <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i10.704>.
- Shrestha, N. (2020). Detecting Multicollinearity in Regression Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 8(2), 39–42. <https://doi.org/10.12691/ajams-8-2-1>.
- Syamsuri, L. M., & Pakartipangi, W. (2025). Challenges and Opportunities in Implementing Green Data Centers in Indonesia Toward Sustainable Digital Infrastructure. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(6), 104–118. <https://doi.org/10.29303/JPPIPA.V11I6.11267>.
- Taqwa, M., Maulana, S., & Azani, M. (2025). Kontribusi Indonesia terhadap Stabilitas Ekonomi Dunia dalam Kerangka G-20: Studi atas Kebijakan dan Komitmen Selama Krisis Global. *Multidisciplinary Research Journal*, 1(1), 11–16. <https://doi.org/10.70716/murej.v1i1.13>.
- Tawedian, J. (2024). *Comparing Print and Digital Media*.
- Willar, D., & Trigunarsyah, B. (2020). Hambatan Penerapan Konstruksi Berkelanjutan: Perspektif Pemerintah. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 18–28.
- Yulia, S., & Supriatna, E. (2024). Kontribusi Masyarakat Dalam Menentukan Arah Pembangunan Ekonomi Global Yang Berkelanjutan Di Indonesia. *Educatus: Jurnal Pendidikan*, 2(2), 1–8. <https://doi.org/10.69914/educatus.v2i2.6>.