

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Karbon di ASEAN dengan Penanaman Modal Asing sebagai Variabel Moderasi

Finna Afifah S¹, Maizul Rahmizal²

^{1,2} Program Studi Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Korespondensi: afifapina220@gmail.com, maizul.rahmizal@fe.unp.ac.id

Info Artikel

Diterima:

8 Agustus 2025

Disetujui:

10 Agustus 2025

Terbit daring:

15 Agustus 2025

DOI: -

Sitasi:

Afifah, F. S., & Rahmizal, M. (2025). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Karbon di ASEAN dengan Penanaman Modal Asing sebagai Variabel Moderasi.

Abstract:

This study aims to analyze the factors that influence carbon emissions in the ASEAN region with Foreign Direct Investment (FDI) as a moderating variable. The independent variables used include energy consumption, Gross Domestic Product (GDP) per capita, Information and Communication Technology (ICT), and political corruption levels. Panel data were collected from 10 ASEAN countries over the period 2013–2022 and analyzed using multiple linear regression and moderation regression. The results indicate that energy consumption, ICT and FDI have a positive and significant effect on carbon emissions, while GDP per capita and corruption have a negative and significant effect. Interaction tests revealed that the ICT x FDI variable has a positive and significant effect on carbon emissions, but the interactions between GDP x FDI, energy consumption x FDI, and corruption x FDI are not significantly influential.

Keywords: Carbon emissions, energy consumption, GDP per capita, ICT, corruption, FDI

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi emisi karbon di kawasan ASEAN dengan Penanaman Modal Asing (PMA) sebagai variabel moderasi. Variabel independen yang digunakan meliputi konsumsi energi, Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), dan tingkat korupsi politik. Data panel dikumpulkan dari 10 negara ASEAN selama periode 2013–2022 dan dianalisis menggunakan regresi linier berganda serta regresi moderasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi, TIK, dan PMA berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon, sementara PDB per kapita dan korupsi berpengaruh negatif dan signifikan. Pengujian interaksi menunjukkan bahwa variabel TIK x PMA berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon, tetapi interaksi PDB x PMA, konsumsi energi x PMA, dan korupsi x PMA tidak berpengaruh signifikan.

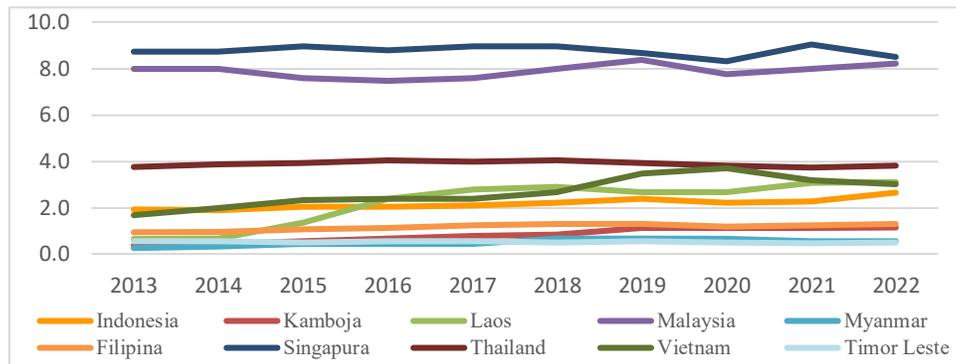
Kata Kunci: Emisi karbon, konsumsi energi, PDB per kapita, TIK, korupsi, PMA

Kode Klasifikasi JEL: E22, N70, O40, P19

PENDAHULUAN

Isu lingkungan telah menjadi perhatian global seiring meningkatnya ancaman perubahan iklim yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO₂). CO₂ menyumbang sekitar 75% dari total emisi gas rumah kaca, terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan aktivitas ekonomi yang intensif energi (Sukadri & Doddy, 2012). Kondisi ini menyebabkan dampak serius seperti cuaca ekstrem, kenaikan permukaan laut, dan penurunan kualitas udara (IPCC, 2022).

Kawasan Asia Tenggara (ASEAN) menghadapi tantangan serius dalam pengendalian emisi karbon. Emisi CO₂ kawasan ini mencapai 1.536 juta ton pada 2020 dan diperkirakan terus meningkat hingga 2050 (Sony et al., 2024). Lebih dari 90% konsumsi energi masih bergantung pada sumber fosil (Our World in Data, 2023), menyebabkan ASEAN menyumbang 7,35% emisi karbon global, Sementara kontribusinya terhadap PDB global hanya 6%, mencerminkan ketidakseimbangan antara pembangunan ekonomi dan kelestarian lingkungan (Santana & Maria, 2024).



Sumber: Our World in Data

Gambar 1 Grafik Tren Emisi Karbon per capita (Metrik Ton) di 10 Negara ASEAN

Tren emisi karbon per kapita di ASEAN menunjukkan variasi signifikan. Singapura dan Malaysia secara konsisten mencatat emisi tertinggi, mencapai 7,5–9 metrik ton per kapita, melampaui rata-rata global 4,34 ton pada 2020. Sebaliknya, Myanmar dan Timor Leste mencatat emisi di bawah 1 ton per kapita akibat rendahnya industrialisasi dan konsumsi energi. Laos dan Vietnam mengalami peningkatan emisi yang pesat seiring percepatan industrialisasi dan meningkatnya kebutuhan energi.

Peningkatan emisi karbon tidak lepas dari berbagai faktor ekonomi dan pembangunan. Konsumsi energi memiliki kontribusi langsung terhadap emisi karbon, karena energi merupakan input penting dalam pembangunan ekonomi (Bhattacharyya, 2019). Namun jika konsumsi energi masih didominasi oleh sumber tidak terbarukan, maka akan berdampak langsung terhadap kualitas lingkungan. Selaitu itu PDB per kapita juga erat kaitannya dengan emisi karbon, pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan cenderung meningkatkan emisi, sebelum akhirnya menurun seiring penggunaan teknologi bersih dan regulasi ketat.

Selain faktor ekonomi, teknologi juga memengaruhi tingkat emisi karbon. Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dapat menurunkan emisi melalui efisiensi energi, tetapi juga berpotensi meningkatkannya akibat tingginya konsumsi energi digital. Aspek kelembagaan, khususnya tingkat korupsi, memainkan peran penting dalam menentukan kebijakan dan kualitas lingkungan. Korupsi dapat melemahkan penegakan regulasi lingkungan dan memicu industri berpolusi.

Selain faktor-faktor di atas, PMA (Penanaman Modal Asing) juga memiliki pengaruh yang masih diperdebatkan terhadap emisi karbon. Pollution Haven Hypothesis menyatakan PMA mendorong emisi di negara dengan regulasi longgar, sedangkan Pollution Halo Hypothesis menekankan

perannya dalam menurunkan emisi melalui transfer teknologi ramah lingkungan. Dampak ini sangat dipengaruhi oleh sektor investasi, regulasi, dan kualitas kelembagaan negara penerima (Padu et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi emisi karbon. Ganda (2024) di Sub-Sahara Afrika menemukan bahwa PMA memoderasi pengaruh korupsi, demokrasi, dan pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon, namun tidak memoderasi hubungan antara teknologi dan emisi. Sementara itu, Uzapuspa & Abdul (2022) di ASEAN menemukan bahwa PMA memoderasi pengaruh konsumsi energi terhadap emisi karbon.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada Sub-Sahara Afrika, studi serupa di kawasan ASEAN masih terbatas. Penelitian ini menganalisis konsumsi energi, PDB per kapita, TIK, dan korupsi secara simultan, serta menguji peran PMA dalam memoderasi pengaruh masing-masing variabel terhadap emisi karbon di kawasan ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perkembangan emisi karbon di ASEAN, serta menjadi dasar bagi perumusan kebijakan lingkungan yang lebih efektif.

TINJAUAN PUSTAKA

Emisi Karbon (CO₂)

Emisi karbon (CO₂) merupakan gas rumah kaca utama yang berasal dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan kegiatan industri. Emisi ini mempercepat pemanasan global, memicu cuaca ekstrem, dan mengancam keanekaragaman hayati. Dampaknya mencakup kerusakan ekosistem, polusi udara, dan pengasaman laut, yang memengaruhi kesehatan masyarakat dan meningkatkan ketimpangan sosial serta biaya ekonomi (Rahayu & Hidayah, 2025).

Konsumsi Energi

Menurut teori produksi dalam ekonomi energi, energi merupakan input dasar sejajar dengan modal dan tenaga kerja (Bhattacharyya, 2019). Kebutuhan energi yang tinggi, terutama di sektor industri dan transportasi, mendorong kapasitas produksi dan pertumbuhan ekonomi (Hafizhulhuda & Sentosa, 2024). Namun, jika sumbernya dari bahan bakar fosil, konsumsi energi akan sejalan dengan peningkatan emisi karbon. Environmental Kuznets Curve (EKC) menggambarkan bahwa konsumsi energi meningkat pada awal pembangunan dan menurun seiring peningkatan pendapatan serta transisi ke energi bersih Panaiotov (1993).

Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita

Menurut Todaro dan Smith (2012), peningkatan PDB per kapita mencerminkan pertumbuhan aktivitas ekonomi dan kapasitas produksi jangka panjang, yang idealnya diikuti oleh peningkatan kesejahteraan secara merata dan berkelanjutan. Teori Environmental Kuznets Curve (EKC) menjelaskan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan berbentuk kurva U-terbalik. Pada fase awal, peningkatan pendapatan awalnya mendorong emisi. Namun setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, emisi mulai menurun seiring meningkatnya kesadaran lingkungan, adopsi teknologi ramah lingkungan, dan penerapan regulasi yang lebih ketat Panaiotov (1993).

Teknologi Informasi dan Komunikasi

Menurut Haag & Cummings (2012) TIK berperan penting dalam pembangunan melalui efisiensi produksi dan digitalisasi ekonomi. Romer (1990) juga menekankan bahwa teknologi merupakan faktor internal penting dalam peningkatan produktivitas dan skala ekonomi (Febriyanto et al., 2024). Namun, peran TIK juga dapat menimbulkan dampak negatif. Teori Jevon's Paradox oleh William Stanley Jevons (1865) menjelaskan bahwa peningkatan efisiensi justru dapat mendorong konsumsi energi lebih besar karena kemudahan komunikasi digital meningkatkan aktivitas ekonomi global, sehingga meningkatkan permintaan energi baik dalam sektor industri maupun transportasi yang berkontribusi pada peningkatan emisi karbon (Okarda & Dermawan, 2018).

Tingkat Korupsi Politik

Wibowo (2013) mendefinisikan korupsi sebagai penyalahgunaan wewenang oleh pejabat negara untuk keuntungan pribadi atau kelompok tertentu. Dalam kerangka Institutional Theory, dipopulerkan oleh Douglas North (1990) menekankan pentingnya institusi baik formal (aturan hukum dan regulasi), maupun informal (norma sosial dan budaya) berperan penting dalam membentuk perilaku aktor ekonomi dan politik (Dinamika et al., 2021). Ketika institusi lemah dan korupsi tinggi, regulasi lingkungan sulit ditegakkan. Proses perizinan menjadi rawan penyelewengan, pengawasan lemah, dan kewajiban lingkungan mudah dihindari melalui suap, yang pada akhirnya memperburuk emisi karbon.

Penanaman Modal Asing

PMA adalah investasi jangka panjang lintas negara yang berpotensi meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi melalui transfer modal dan teknologi (OECD, 2008). Teori Pollution Haven Hypothesis oleh Walter (1973) menyatakan PMA yang masuk ke negara dengan regulasi lingkungan lemah menakibatkan standar lingkungan diabaikan sehingga berkontri meningkatkan emisi karbon. sebaliknya Pollution Halo Hypothesis oleh Zarsky (1999) menyatakan PMA dapat membawa teknologi hijau dan praktik ramah lingkungan sehingga efisiensi energi meningkat dan berkontribusi menurunkan emisi (Ganda, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis data sekunder yang diperoleh dari World Bank dan Our World in Data. Data yang digunakan berupa data panel dari sepuluh negara anggota ASEAN selama periode 2013 hingga 2022. Teknik analisis yang digunakan adalah Moderated Regression Angganalysis (MRA) menggunakan software EViews 12.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas satu variabel dependen yaitu emisi karbon, dan empat variabel independen yang terdiri dari konsumsi energi, produk domestik bruto (PDB) per kapita, teknologi informasi dan komunikasi (TIK), dan tingkat korupsi, serta satu varaibel moderasi yaitu penanaman modal asing (PMA). Model regresi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{LoG}(Y_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{KNE}_{it} + \beta_2 \text{PDB}_{it} + \beta_3 \text{TIK}_{it} + \beta_4 \text{KOR}_{it} + \beta_5 \text{PMA} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\text{LoG}(Y_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{KNE}_{it} + \beta_2 \text{PDB}_{it} + \beta_3 \text{TIK}_{it} + \beta_4 \text{KOR}_{it} + \beta_5 \text{PMA} + \beta_6 \text{KNE_Z}_{it} + \beta_7 \text{PDB_Z}_{it} + \beta_8 \text{TIK_Z}_{it} + \beta_9 \text{KOR_Z}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Dimana : LOG(Y) adalah Emisi Karbon per kapita, KNE adalah Konsumsi Energi, PDB adalah Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita, TIK adalah Teknologi Informasi dan Kominikasi, KOR adalah Tingkat Korupsi Politik, PMA adalah Penanaman Modal Asing, KNE_Z adalah interaksi

antara Konsumsi Energi dengan PMA, PDB_Z adalah interaksi antara PDB dengan PMA, TIK_Z adalah interaksi antara TIK dengan PMA, KOR_Z adalah interaksi antara korupsi dengan PMA, β adalah Konstanta, ε adalah *error term*, it adalah *cross section* dan *time series*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Estimasi Regresi Panel

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.310292	0.178293	-1.74035	0.0854
KNE	0.000723***	0.000064	11.37253	0.0000
PDB	-0.000067***	0.000011	-6.43183	0.0000
TIK	0.007022***	0.000974	7.212646	0.0000
KOR	-0.486913**	0.232697	-2.09248	0.0394
PMA	0.007214*	0.003696	1.951661	0.0543

Keterangan: *p < 0.10; **p < 0.05; ***p < 0.01

Sumber: Hasil Olahan Eviews 12, 2025

Berdasarkan hasil estimasi panel pada tabel diatas maka dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\text{LOG}(Y) = -0.310292 + 0.000723\text{KNE} - 0.0000674\text{PDB} + 0.007022\text{TIK} - 0.486913\text{KOR} + 0.007214\text{PMA} + \varepsilon$$

Berdasarkan hasil estimasi diatas menunjukkan bahwa konsumsi energi dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) berpengaruh positif dan sangat signifikan terhadap emisi karbon pada tingkat signifikansi 1%. Di sisi lain, PDB per kapita berpengaruh negatif dan sangat signifikan terhadap emisi karbon pada tingkat signifikansi yang sama (1%). Sementara itu, korupsi juga menunjukkan pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon, meskipun pada tingkat yang sedikit lebih longgar yaitu 5%. Penanaman Modal Asing (PMA) berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dengan tingkat signifikansi 10%.

Tabel 2. Hasil Estimasi Regresi Moderasi

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.275487	0.281174	0.979777	0.3301
KNE	0.000774***	0.000086	8.949675	0.0000
PDB	-0.000113***	0.000035	-3.202	0.0020
TIK	0.002820*	0.00146	1.931953	0.0569
KOR	-0.748248***	0.249219	-3.00238	0.0036
PMA	-0.044175***	0.014006	-3.15389	0.0023
KNE_Z	-0.000014	1.09E-05	-1.32484	0.1890
PDB_Z	1.47E-06	1.7E-06	0.863785	0.3903
TIK_Z	0.001103***	0.000262	4.2114	0.0001
KOR_Z	0.054496	0.036603	1.488862	0.1404

Keterangan: *p < 0.10; **p < 0.05; ***p < 0.01

Sumber: Hasil Olahan Eviews 12, 2025

Model persamaan MRA dalam penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{LOG}(Y) = 0.27548 + 0.000774\text{KNE} - 0.000113\text{PDB} + 0.002820\text{TIK} - 0.748248\text{KOR} - 0.044175\text{PMA} - 0.0000144\text{KNE_Z} + 0.00000147\text{PDB_Z} + 0.001103\text{TIK_Z} + 0.054496\text{KOR_Z} + \epsilon$$

Berdasarkan Tabel 1, PMA berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon pada tingkat signifikansi 10%. Pada Tabel 2, variabel interaksi antara TIK dan PMA (TIK_Z) menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon pada tingkat signifikansi 1%. Hal ini menunjukkan bahwa PMA tidak hanya memiliki pengaruh langsung terhadap emisi karbon, tetapi juga memperkuat pengaruh TIK terhadap emisi karbon. Sehingga, peran PMA dalam hubungan ini tergolong sebagai quasi moderator.

Sementara itu, variabel interaksi antara PDB per kapita dan PMA (PDB_Z), korupsi dan PMA (KOR_Z), serta konsumsi energi dan PMA (KNE_Z), tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Meskipun arah hubungan PDB_Z dan KOR_Z positif, dan KNE_Z negatif, ketiganya tidak menunjukkan peran moderasi yang signifikan. Artinya, PMA tidak mampu memoderasi hubungan antara ketiga variabel tersebut terhadap emisi karbon. Sehingga, peran PMA dalam hubungan ini tergolong sebagai moderator prediktor.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

Variabel	Thitung	Prob.	Keterangan
KNE	11.373***	0.0000	Diterima
PDB	-6.432***	0.0000	Diterima
TIK	7.213***	0.0000	Diterima
KOR	-2.092**	0.0394	Diterima
PMA	1.952*	0.0543	Diterima
KNE_Z	-1.32484	0.1890	Ditolak
PDB_Z	0.863785	0.3903	Ditolak
TIK_Z	4.2114***	0.0001	Diterima
KOR_Z	1.488862	0.1404	Ditolak

Keterangan: *p < 0.10; **p < 0.05; ***p < 0.01

Sumber: Hasil Olahan Eviews 12, 2025

Berdasarkan hasil uji hipotesis, variabel independen terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbon. Konsumsi energi (KNE) memiliki nilai t sebesar 11.373 dengan probabilitas 0.000 (<0.01) sehingga H1 diterima dan berpengaruh positif terhadap emisi karbon. Produk domestik bruto perkapita (PDB) memiliki nilai t sebesar 6.432 dengan probabilitas 0.000 (<0.01) sehingga H2 diterima dan berpengaruh negatif terhadap emisi karbon. Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memiliki nilai t sebesar 7.213 dengan probabilitas 0.000 (<0.01) sehingga H3 diterima dan berpengaruh positif terhadap emisi karbon. Korupsi (KOR) memiliki nilai t sebesar -2.092 dengan probabilitas 0.0394 (<0.05) sehingga H4 diterima dan berpengaruh negatif terhadap emisi karbon. Penanaman modal asing (PMA) memiliki nilai t sebesar 1.952 dengan probabilitas 0.0543 (<0.10) sehingga H5 diterima dan berpengaruh positif terhadap emisi karbon.

Hasil uji hipotesis untuk variabel moderasi menunjukkan PMA tidak memoderasi pengaruh konsumsi energi (KNE) terhadap emisi karbon, dengan nilai t sebesar -1.325 dan probabilitas 0.1890 (>0.10) sehingga H6 ditolak. PMA tidak memoderasi pengaruh PDB per kapita (PDB) terhadap emisi karbon, dengan nilai t sebesar 0.864 dan probabilitas 0.3903 (>0.10) sehingga H7

ditolak. PMA memperkuat pengaruh TIK terhadap emisi karbon, dengan nilai t sebesar 4.2114 dengan probabilitas $0.0001 (<0.01)$ sehingga H_8 diterima. PMA tidak memoderasi pengaruh korupsi (KOR) terhadap emisi karbon, dengan nilai t sebesar 1.489 dan probabilitas $0.1404 (>0.10)$ sehingga H_9 ditolak.

Pengaruh Konsumsi Energi Terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, peningkatan konsumsi energi, khususnya dari sumber fosil, akan mendorong peningkatan emisi karbon. Temuan ini sejalan dengan teori produksi dalam ekonomi energi, yang menyatakan bahwa energi merupakan input utama dalam proses produksi, distribusi, dan konsumsi barang dan jasa (Bhattacharyya, 2019). Karena sebagian besar negara ASEAN masih sangat bergantung pada sumber energi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam, maka konsumsi energi yang meningkat akan langsung berdampak pada peningkatan emisi karbon.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Adedoyin et al. (2022), yang menemukan bahwa konsumsi energi dari sektor transportasi dan pembangkitan listrik memiliki hubungan positif dan signifikan terhadap emisi karbon, terutama di negara berkembang yang masih mengandalkan energi berbasis fosil.

Pengaruh Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita Terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa PDB per kapita berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, peningkatan PDB per kapita maka akan menurunkan tingkat emisi karbon. Temuan ini mencerminkan fase menurun dari kurva Environmental Kuznets Curve (EKC), di mana pertumbuhan ekonomi disertai dengan kesadaran lingkungan, penggunaan energi bersih, dan kebijakan hijau yang lebih kuat.

Kawasan ASEAN mulai mengalihkan struktur ekonominya ke sektor yang lebih ramah lingkungan. Singapura dan Malaysia, telah berfokus pada sektor jasa dan teknologi yang menghasilkan emisi lebih rendah. Sementara itu, Indonesia, Vietnam, dan Filipina masih bergantung pada industri manufaktur, namun telah menunjukkan upaya peningkatan efisiensi energi dan adopsi teknologi bersih, seperti standar industri hijau dan investasi energi terbarukan.

Kesadaran lingkungan di kawasan ini juga meningkat. Negara-negara seperti Singapura, Vietnam, dan Thailand aktif dalam Perjanjian Paris, sementara Indonesia menerapkan Standar Industri Hijau dan Malaysia memberikan insentif melalui Green Investment Tax Allowance (GITA) untuk mendorong investasi berkelanjutan

Pengaruh Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang diukur dengan pengguna internet berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, semakin meningkat jumlah pengguna internet maka akan meningkatkan tingkat emisi karbon. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun digitalisasi memberikan dampak positif terhadap efisiensi komunikasi, bisnis, dan produktivitas. Di sisi lain, peningkatan efisiensi justru dapat mendorong konsumsi energi lebih besar karena kemudahan komunikasi digital meningkatkan aktivitas ekonomi global, sehingga meningkatkan permintaan energi baik dalam sektor industri maupun transportasi yang berkontribusi pada peningkatan emisi karbon. Fenomena ini sejalan dengan Jevons' Paradox.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Liu & Wang (2025), yang menemukan bahwa peningkatan penggunaan internet secara signifikan meningkatkan emisi karbon, khususnya di negara-negara berkembang.

Pengaruh Korupsi Terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa korupsi yang diukur dengan indeks korupsi politik, skala 0 hingga 1 (korupsi tinggi) berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, semakin tinggi tingkat korupsi politik di suatu negara akan berkontribusi menurunkan tingkat emisi karbon. Hasil penelitian ini bertentangan dengan teori kelembagaan oleh Douglas North (1990), yang menyatakan bahwa korupsi seharusnya memperburuk kondisi lingkungan akibat lemahnya pengawasan dan penegakan regulasi. Namun, hasil ini dapat dijelaskan oleh kondisi khusus di ASEAN, Negara-negara dengan tingkat korupsi politik tinggi cenderung memiliki aktivitas ekonomi formal yang lebih terbatas karena iklim usaha yang tidak kondusif, tingginya biaya transaksi ilegal, serta ketidakpastian hukum. Kondisi tersebut dapat menghambat pertumbuhan industri besar yang boros energi seperti pabrik atau infrastruktur berat, yang biasanya menjadi kontributor utama emisi karbon.

Selain itu, tingginya korupsi juga sering dikaitkan dengan lemahnya sistem pelaporan lingkungan, sehingga emisi sebenarnya mungkin tidak tercatat secara akurat. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ganda (2024) di kawasan Sub-Sahara Afrika, yang menemukan bahwa tingginya korupsi berdampak pada rendahnya aliran investasi dan aktivitas ekonomi formal yang menghasilkan emisi.

Pengaruh Penanaman Modal Asing terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi panel dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa Penanaman Modal Asing (PMA) berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, peningkatan arus masuk bersih PMA (% terhadap PDB) mendorong kenaikan emisi karbon. Hasil ini sejalan dengan *Pollution Haven Hypothesis* yang menyatakan bahwa negara berkembang dengan regulasi longgar cenderung menjadi tujuan relokasi industri pencemar. Lemahnya regulasi lingkungan di beberapa negara seperti Myanmar dan Kamboja menarik investor asing yang ingin menghindari regulasi ketat di negara asalnya.

Selain itu, di kawasan ASEAN investasi banyak mengalir ke sektor padat energi seperti manufaktur, pertambangan, dan infrastruktur yang masih bergantung pada bahan bakar fosil. Kondisi ini berkontribusi pada peningkatan emisi karbon. Temuan ini sejalan dengan Zhang et al. (2023), yang menemukan bahwa peningkatan PMA secara signifikan mendorong peningkatan emisi karbon di negara berkembang, khususnya ketika investasi asing masuk ke sektor-sektor padat energi.

Pengaruh Penanaman Modal Asing dalam Memoderasi Konsumsi Energi terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi moderasi dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa variabel interaksi antara konsumsi energi dan PMA tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, PMA tidak mampu memoderasi hubungan antara konsumsi energi dan emisi karbon selama periode 2013–2022, sehingga variabel ini lebih berperan sebagai prediktor moderasi.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun PMA berperan dalam pertumbuhan ekonomi, arus investasi asing yang masuk belum banyak diarahkan ke sektor efisiensi energi atau energi

terbarukan. Sebaliknya, PMA cenderung mengalir ke sektor padat energi seperti manufaktur dan pertambangan, yang justru memperkuat ketergantungan pada energi fosil. Kondisi ini selaras dengan Pollution Haven Hypothesis, di mana lemahnya regulasi lingkungan di beberapa negara ASEAN menarik investasi ke sektor pencemar, tanpa mendorong inovasi teknologi bersih. Dengan demikian, PMA dalam konteks ini belum mampu menekan dampak negatif konsumsi energi terhadap emisi karbon.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan (Oyefabi et al., 2024) yang menemukan bahwa PMA tidak memoderasi hubungan konsumsi energi terhadap emisi karbon, karena kualitas regulasi lingkungan dan kelembagaan masih lemah.

Pengaruh Penanaman Modal Asing dalam Memoderasi PDB Per Kapita Terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi moderasi dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa variabel interaksi antara PDB per kapita dan PMA tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, PMA tidak mampu memoderasi hubungan antara PDB per kapita dan emisi karbon selama periode 2013–2022, sehingga variabel ini lebih berperan sebagai prediktor moderasi.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi sering dikaitkan dengan peningkatan PMA, arus investasi asing di kawasan ASEAN belum banyak diarahkan ke sektor yang mendukung efisiensi lingkungan. Sebaliknya, investasi lebih dominan mengalir ke sektor padat energi seperti manufaktur dan infrastruktur yang bergantung pada bahan bakar fosil, sehingga gagal memperkuat efek penurunan emisi dari pertumbuhan ekonomi. Huang et al. (2022), yang menyatakan bahwa efektivitas PMA sebagai moderator sangat bergantung pada kualitas kelembagaan dan kebijakan lingkungan.

Pengaruh Penanaman Modal Asing dalam Memoderasi Teknologi Informasi dan Komunikasi terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi moderasi dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa variabel interaksi antara TIK dan PMA berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, PMA mampu memoderasi atau memperkuat hubungan antara TIK dan emisi karbon selama periode 2013–2022, sehingga variabel ini berperan sebagai quasi moderasi.

Temuan ini menunjukkan bahwa perkembangan TIK di ASEAN banyak ditopang oleh investasi asing yang lebih fokus pada perluasan industri dan pembangunan infrastruktur digital, bukan pada tujuan lingkungan. Proyek seperti pusat data dan jaringan internet membutuhkan energi besar, terutama jika masih bergantung pada energi fosil, sehingga turut mendorong emisi karbon. Hasil ini mendukung Pollution Haven Hypothesis, di mana arus PMA ke sektor TIK di negara berkembang lebih difokuskan pada pertumbuhan ekonomi dan efisiensi produksi, bukan pengurangan emisi.

Pengaruh Penanaman Modal Asing dalam Memoderasi Korupsi terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi moderasi dan pengujian hipotesis menunjukkan bahwa variabel interaksi antara korupsi dan PMA tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di 10 negara ASEAN. Artinya, PMA tidak mampu memoderasi hubungan antara korupsi dan emisi karbon selama periode 2013–2022, sehingga variabel ini lebih berperan sebagai prediktor moderasi.

Temuan ini menunjukkan bahwa arus masuk PMA di kawasan ASEAN tidak terlalu sensitif terhadap tingkat korupsi. Beberapa negara seperti Indonesia dan Vietnam tetap menarik investasi asing meskipun skor korupsinya cukup tinggi, karena ditopang oleh pasar besar, tenaga kerja murah, dan sumber daya alam melimpah. Hal ini membuat PMA tidak cukup kuat untuk memperlemah atau memperkuat dampak korupsi terhadap emisi karbon.

SIMPULAN

konsumsi energi berpengaruh signifikan positif terhadap emisi karbon. Artinya semakin tinggi konsumsi energi maka akan meningkatkan tingkat emisi karbon, hal ini dikarenakan tingginya ketergantungan negara-negara ASEAN pada energi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam masih menjadi sumber utama emisi karbon. PDB berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi karbon, peningkatan pendapatan per kapita disertai dengan penurunan emisi karbon karena peralihan ekonomi menuju sektor yang lebih ramah lingkungan dan kebijakan lingkungan yang semakin kuat. Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) berpengaruh signifikan positif terhadap emisi karbon. Peningkatan digitalisasi memang mendorong efisiensi, namun dalam praktiknya di kawasan ASEAN justru meningkatkan aktivitas ekonomi dan konsumsi energi, sehingga emisi karbon ikut meningkat. Korupsi berpengaruh signifikan negatif terhadap emisi karbon, rendahnya arus investasi menyebabkan akibat tingginya tingkat korupsi menyebabkan tertundanya pembangunan infrastruktur dan sektor industri padat energi. Penanaman Modal Asing (PMA) berpengaruh signifikan positif terhadap emisi karbon. Masuknya investasi asing di kawasan ASEAN sebagian besar mengalir ke sektor padat energi, dan cenderung memperbesar emisi. Selain itu, PMA terbukti memoderasi hubungan antara TIK dan emisi karbon secara signifikan. Arah moderasi yang positif menunjukkan bahwa PMA memperkuat dampak TIK terhadap peningkatan emisi, sehingga dikategorikan sebagai quasi moderasi. Sebaliknya, PMA tidak mampu memoderasi hubungan antara konsumsi energi, PDB per kapita, dan korupsi terhadap emisi karbon. Ketiga variabel interaksi tersebut menunjukkan hasil yang tidak signifikan, yang berarti kehadiran PMA tidak cukup kuat untuk memperkuat maupun memperlemah pengaruh masing-masing variabel terhadap emisi karbon. Sehingga, PMA dalam hubungan ini hanya berperan sebagai prediktor moderasi.

REFERENSI

- Bhattacharyya, S. C. (2019). *Energy economics: Concepts, issues, markets and governance*, 2nd ed. 2019. In *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*, 2nd ed. 2019. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7468-4>
- Febriyanto, A., Azzam, A., Kutia, H. R., Rizal, A., & Yusfiarto, R. (2024). The impact of foreign direct investment on carbon emissions: A comparative study in the ASEAN countries with the highest foreign direct investment. *Innovation and Green Development*, 3(4). <https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100181>
- Ganda, F. (2024). The influence of democracy, corruption, economic growth and ICT on carbon emissions in Sub-Saharan African countries: Does FDI matter? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100324>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. National Bureau of Economic Research (NBER).
- Hafizhulhuda, & Sentosa, U. (2024). *Pengaruh Konsumsi Listrik, Konsumsi Bahan Bakar dan Gas Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia*. <https://medrep.ppj.unp.ac.id/index.php/MedREP/login>
- IPCC. (2022). Framing and Context. In *Global Warming of 1.5°C* (pp. 49–92). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.003>

- Liu, B., & Wang, F. (2025). The Impact of the Global Digital Economy on Carbon Emissions: A Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 17, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su17115044>
- OECD, O. for E. C. and D. (2008). *OECD Factbook 2008: Economic, Environmental and Social Statistics*. <https://doi.org/10.1787/9789264040540-en>
- Okarda, B., & Dermawan, A. (2018). *Proyeksi Sawit Indonesia: Debat kebijakan ekonomi, deforestasi dan moratorium*. <https://www.researchgate.net/publication/328096387>
- Oyefabi, I. S., Azman-Saini, W. N. W., & Senan, M. K. A. B. M. (2024). Moderating Effect of Institutional Quality on the Fdi-Energy Consumption Nexus in Selected African Countries. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 13(3). <https://doi.org/10.6007/ijarems/v13-i3/22830>
- Padu, A. H., Reviane, I. T. A., Saudi, N. D. S., Djam'an, F., Zaenal, M., & Sabbar, S. D. (2024). Interlinkages of Fiscal Decentralization, Financial Development, and Carbon Emissions: The Underlying Significance of Natural Resources. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(4), 377–390. <https://doi.org/10.32479/ijeep.15944>
- Panaïotov, Todor. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Office.
- Rahayu, A. S., & Hidayah, N. (2025). Social, Economic, and Environmental Impacts on the Increase of Carbon Dioxide (Co2) Emissions In Indonesia: a Case Study from 1990 to 2020. *Journal of Economic, Business and Accounting, Volume 8 Nomor 1*. <https://journal.ipm2kpe.or.id/index.php/COSTING/article/view/13988/8890>
- Santana, F. R., & Maria, N. S. B. (2024). Determinan Emisi CO2 pada Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022. *Diponegoro Journal of Economics*, 13(2), 53–68. <https://doi.org/10.14710/djoe.44589>
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A. T., Ahmed, K., & Ali Jabran, M. (2016). How urbanization affects CO2 emissions in Malaysia? the application of STIRPAT model. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 57, pp. 83–93). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.096>
- Sony, A., Djalal Nachrowi, N., Hartono, D., & Yola, L. (2024). *Examining The Energy Transition For Strengthening Sustainable Development*. <https://ssrn.com/abstract=5028464>
- Sukadri S, & Doddy. (2012). *REDD+ dan LULUCF: Panduan Untuk Negosiator*.
- Wibowo, A. (2013). *Pendidikan Antikorupsi Disekolah; Strategi Internalisasi Pendidikan Antikorupsi Disekolah*. Pustaka Pelajar .
- Zhang, Z., Nuță, F. M., Dimen, L., Ullah, I., Xuanye, S., Junchen, Y., Yihan, Z., & Yi, C. (2023). Relationship between FDI inflow, CO2 emissions, renewable energy consumption, and population health quality in China. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1120970>