

Pengaruh Pembiayaan Hijau, Industrialisasi, dan Konsumsi Energi Fosil terhadap Emisi Karbon di Indonesia Periode 2018–2023

Ahmad Aqil Widyantoro

Universitas Diponegoro, Indonesia

Alamat: Jl. Hayam Wuruk No.5, Pleburan, Semarang 50241

Korespondensi penulis: ahmadaqilwidyantoro@students.undip.ac.id

Abstract. *This study aims to analyze the influence of green financing, industrialization level, and fossil energy consumption on carbon emissions in Indonesia for the period 2018–2023. The method used is multiple linear regression with the Ordinary Least Squares (OLS) approach based on time series data. The dependent variable used is carbon emissions, while the independent variables include green financing, industrialization level, and fossil energy consumption. The results of the analysis show that both simultaneously and partially, the three independent variables do not have a significant effect on carbon emissions. The coefficients of green financing and industrialization tend to be positive, while fossil energy consumption is negative, but all are not statistically significant. These findings indicate that green financing policies, industrial development, and fossil energy consumption during the study period have not had a significant impact on carbon emissions in Indonesia. This study recommends the need to extend the observation period, add relevant variables such as the renewable energy mix, and optimize the implementation of green energy and financing policies to support carbon emission reduction in the future.*

Keywords: *Green Financing, Industrialization, Fossil Fuel Consumption, Carbon Emissions*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembiayaan hijau, tingkat industrialisasi, dan konsumsi energi fosil terhadap emisi karbon di Indonesia periode 2018–2023. Metode yang digunakan adalah regresi linear berganda dengan pendekatan *Ordinary Least Squares* (OLS) berbasis data deret waktu. Variabel dependen yang digunakan adalah emisi karbon, sedangkan variabel independen meliputi pembiayaan hijau, tingkat industrialisasi, dan konsumsi energi fosil. Hasil analisis menunjukkan bahwa secara simultan maupun parsial, ketiga variabel independen tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon. Koefisien pembiayaan hijau dan industrialisasi cenderung positif, sedangkan konsumsi energi fosil negatif, namun seluruhnya tidak signifikan secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa kebijakan pembiayaan hijau, perkembangan industri, dan konsumsi energi fosil pada periode penelitian belum memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat emisi karbon di Indonesia. Penelitian ini merekomendasikan perlunya perpanjangan periode pengamatan, penambahan variabel relevan seperti bauran energi terbarukan, serta optimalisasi implementasi kebijakan energi dan pembiayaan hijau untuk mendukung penurunan emisi karbon di masa mendatang.

Kata kunci: Pembiayaan Hijau, Industrialisasi, Konsumsi Energi Fosil, Emisi Karbon

1. LATAR BELAKANG

Perubahan iklim merupakan isu global yang semakin kritis dan membutuhkan perhatian segera. Pendorong utama fenomena ini adalah meningkatnya kadar gas rumah kaca (GRK), terutama karbon dioksida (CO₂), yang berasal dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, kegiatan industri, dan perubahan tata guna lahan. Sebagai negara berkembang dengan populasi besar dan sektor industri yang terus berkembang, Indonesia bergulat dengan tantangan untuk menyeimbangkan pembangunan ekonomi dan pelestarian lingkungan. Menurut data Kementerian

Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sektor energi dan industri merupakan sumber utama emisi karbon nasional.

Berbagai kebijakan telah diterapkan untuk mengekang percepatan emisi karbon, salah satunya adalah promosi pembiayaan hijau. Pembiayaan hijau mencakup investasi dan pinjaman yang ditargetkan pada proyek-proyek berkelanjutan yang ramah lingkungan, termasuk energi terbarukan, efisiensi energi, transportasi berkelanjutan, dan pengelolaan sampah. Pemerintah Indonesia, bekerja sama dengan Otoritas Jasa Keuangan (OJK), telah memperkenalkan Peta Jalan Keuangan Berkelanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan proporsi pembiayaan hijau dalam sistem keuangan nasional. Meskipun demikian, masih diperlukan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas pembiayaan hijau dalam menurunkan emisi karbon di Indonesia.

Pembiayaan hijau (*Green Financing*) memiliki Aspek-aspek penting yang meliputi pendanaan proyek energi terbarukan, mendukung efisiensi energi, mempromosikan transportasi berkelanjutan, mendorong pertanian berkelanjutan, memfasilitasi inisiatif bangunan hijau, memungkinkan teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon, mendukung penelitian dan pengembangan, serta memberi insentif bagi praktik bisnis berkelanjutan. Dengan mengarahkan modal untuk inisiatif rendah karbon ini, keuangan hijau membantu mendanai proyek-proyek energi surya, angin, dan energi bersih lainnya, berinvestasi dalam teknologi dan infrastruktur hemat energi, membiayai kendaraan listrik dan sistem angkutan umum, mendukung praktik-praktik yang mengurangi emisi pertanian, mendanai konstruksi dan retrofit hemat energi, berinvestasi dalam teknologi penangkapan karbon, mendorong inovasi dalam teknologi bersih, dan mendorong perusahaan untuk mengadopsi operasi ramah lingkungan melalui obligasi hijau dan pinjaman terkait keberlanjutan.

Lebih lanjut, tingkat industrialisasi berdampak signifikan terhadap emisi karbon. Industrialisasi, yang utamanya didorong oleh industri-industri padat energi, berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar fosil dan memperluas jejak karbon. Penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam juga merupakan faktor penting yang memengaruhi tingkat emisi karbon. Meskipun terdapat inisiatif berkelanjutan untuk beralih ke energi terbarukan, Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utamanya.

Mempertimbangkan peran strategis pembiayaan hijau, industrialisasi, dan konsumsi bahan bakar fosil dalam memengaruhi emisi karbon, diperlukan analisis

yang lebih mendalam untuk memahami hubungan ketiganya secara empiris di Indonesia. Sejauh ini, sebagian besar kajian di Indonesia masih menitikberatkan pada analisis kebijakan atau deskripsi tren emisi, tanpa menguji keterkaitan kuantitatif antarvariabel tersebut. Padahal, bukti empiris sangat dibutuhkan untuk menilai sejauh mana pembiayaan hijau benar-benar efektif dalam mengurangi emisi, khususnya ketika dihadapkan pada tantangan industrialisasi dan ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Berbeda dengan penelitian terdahulu di Indonesia yang umumnya menitikberatkan pada pengaruh konsumsi energi fosil atau industrialisasi terhadap emisi karbon (Sasana et al., 2018; Nugraha et al., 2024), penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan mengintegrasikan variabel pembiayaan hijau, industrialisasi, dan konsumsi energi fosil secara simultan dalam satu model empiris berbasis data deret waktu nasional periode 2018–2023. Selain itu, penggunaan variabel pembiayaan hijau yang relatif jarang diteliti dalam studi kuantitatif di Indonesia memberikan kontribusi penting untuk menilai sejauh mana kebijakan keuangan berkelanjutan benar-benar berdampak pada penurunan emisi karbon. Hasil analisis yang menunjukkan tidak signifikannya ketiga variabel terhadap emisi karbon justru menghadirkan temuan baru yang berbeda dengan literatur sebelumnya, sekaligus mengindikasikan bahwa efektivitas kebijakan hijau dan transisi energi di Indonesia membutuhkan horizon waktu lebih panjang dan implementasi yang lebih optimal.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembiayaan Hijau (*Green Financing*)

Pembiayaan hijau (*Green Financing*) merupakan instrumen penting untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dengan mendorong investasi yang memberikan perlindungan lingkungan, keadilan sosial, dan stabilitas ekonomi. Pembiayaan hijau mencakup berbagai kegiatan keuangan yang dirancang untuk mendukung praktik-praktik yang bertanggung jawab terhadap lingkungan, termasuk obligasi hijau, pinjaman hijau, dan investasi berdampak (Wen et al., 2025).

Berbagai instrumen keuangan telah dikembangkan dalam kerangka ini, termasuk obligasi hijau yang digunakan untuk membiayai proyek-proyek dengan manfaat lingkungan, dana investasi berkelanjutan yang menekankan kinerja lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG), dan perdagangan karbon sebagai mekanisme berbasis pasar untuk mengimbangi emisi. Lebih lanjut, penilaian risiko iklim krusial untuk

mengidentifikasi dan mengelola risiko keuangan yang timbul akibat perubahan iklim. Bentuk pembiayaan lainnya meliputi pinjaman hijau untuk proyek-proyek ramah lingkungan, pembiayaan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin, serta dukungan untuk investasi efisiensi energi guna mengurangi konsumsi energi.

Pembiayaan infrastruktur berkelanjutan mendorong pengembangan transportasi, bangunan, dan kawasan perkotaan yang ramah lingkungan, sementara produk asuransi hijau memberikan perlindungan terhadap risiko terkait iklim sekaligus mendorong praktik-praktik berkelanjutan. Sama pentingnya, investasi berdampak mengalokasikan modal untuk menghasilkan dampak sosial dan lingkungan yang positif di samping imbal hasil finansial. Dengan menyalurkan dana untuk proyek-proyek berkelanjutan ini, keuangan hijau memainkan peran strategis dalam mempercepat transisi menuju ekonomi rendah karbon, memitigasi perubahan iklim, dan memastikan keberlanjutan lingkungan jangka panjang.

Industrialisasi

Industrialisasi sering dianggap sebagai pendorong pertumbuhan dan pembangunan ekonomi. Industrialisasi melibatkan pergeseran dari masyarakat agraris menjadi masyarakat yang didominasi oleh industri dan manufaktur, yang menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dan standar hidup yang lebih baik (Narkhede, 2011; O'Brien, 2015; Tames, 2013). Proses ini membawa perubahan sosial yang mendalam, termasuk urbanisasi, pembentukan kelas sosial baru, dan perubahan dalam organisasi buruh. Proses ini juga menyebabkan pergeseran signifikan dalam dinamika populasi dan transformasi budaya.

Industrialisasi telah berdampak signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia, berkontribusi terhadap degradasi lingkungan dan perubahan iklim. Beberapa studi menyoroti hubungan multifaset antara aktivitas industri dan emisi karbon di negara ini. Pada sektor energi, khususnya produksi listrik dan panas, merupakan penyumbang utama emisi CO₂ di Indonesia, yaitu sebesar 37,5% dari total emisi⁴. Hal ini menyoroti peran penting produksi energi dalam jejak karbon negara ini (Chairiawan, 2019).

Konsumsi Energi Fosil

Konsumsi energi fosil memiliki hubungan yang erat dengan peningkatan emisi karbon karena pembakaran batubara, minyak bumi, dan gas alam menghasilkan

karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar sebagai produk sampingan utama. Menurut Stern (2004), energi fosil merupakan kontributor dominan terhadap emisi gas rumah kaca yang berdampak langsung pada perubahan iklim global. Dalam literatur ekonomi lingkungan, hubungan ini dapat dijelaskan melalui beberapa teori. Pertama, *Pollution Haven Hypothesis* (PHH) menekankan bahwa negara-negara berkembang dengan regulasi lingkungan yang lemah cenderung menjadi tujuan relokasi industri padat energi dari negara maju, sehingga konsumsi energi fosil meningkat dan mendorong emisi karbon. Kedua, *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, konsumsi energi fosil dan emisi karbon akan meningkat seiring industrialisasi, namun pada titik pendapatan tertentu, penggunaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan akan menurunkan emisi. Ketiga, teori substitusi energi menjelaskan bahwa ketergantungan pada energi fosil dapat berkurang jika terjadi transisi ke energi terbarukan yang lebih bersih, sehingga dalam jangka panjang mampu menekan laju pertumbuhan emisi karbon. Dengan demikian, teori-teori tersebut menegaskan bahwa konsumsi energi fosil berpotensi besar memengaruhi tingkat emisi karbon, namun arah dan besarnya pengaruh sangat dipengaruhi oleh konteks kebijakan, tingkat pembangunan, dan transisi energi yang berlangsung di suatu negara.

Emisi Karbon

Emisi karbon merupakan salah satu indikator utama dalam studi ekonomi lingkungan karena mencerminkan jumlah karbon dioksida (CO₂) yang dilepaskan ke atmosfer akibat aktivitas manusia, terutama dari pembakaran energi fosil, transportasi, dan proses industri. Menurut teori *Greenhouse Effect*, peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer akan memperkuat efek rumah kaca yang pada akhirnya mendorong pemanasan global dan perubahan iklim. Dalam perspektif ekonomi, emisi karbon digolongkan sebagai *negative externalities*, yaitu biaya sosial yang ditanggung masyarakat akibat aktivitas produksi maupun konsumsi yang tidak sepenuhnya tercermin dalam harga pasar (Pigou, 1920). Oleh karena itu, kebijakan publik seperti pajak karbon, perdagangan emisi (*emission trading*), atau penerapan standar lingkungan diperlukan untuk menginternalisasi eksternalitas tersebut.

Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) juga dapat digunakan untuk menjelaskan dinamika emisi karbon dalam jangka panjang, di mana emisi cenderung meningkat pada tahap awal pertumbuhan ekonomi namun akan menurun setelah

pendapatan mencapai titik tertentu karena adanya adopsi teknologi ramah lingkungan dan kebijakan lingkungan yang lebih ketat. Dengan demikian, emisi karbon dipandang bukan hanya sebagai fenomena lingkungan, tetapi juga isu ekonomi yang menuntut intervensi kebijakan untuk menjaga keseimbangan antara pembangunan dan keberlanjutan.

Emisi karbon, terutama dalam bentuk karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O), merupakan kontributor signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Emisi ini berasal dari berbagai aktivitas manusia, termasuk pembakaran bahan bakar fosil, proses industri, deforestasi, dan praktik pertanian. Pembakaran batu bara, minyak, dan gas alam untuk produksi energi merupakan sumber emisi CO₂ terbesar, yang menyumbang lebih dari 75% emisi gas rumah kaca global (Osman et al., 2023)

Kendaraan, pesawat terbang, dan kapal berkontribusi secara signifikan terhadap emisi CO₂ melalui pembakaran bahan bakar fosil. Industri seperti produksi semen dan besi melepaskan sejumlah besar CO₂. Aktivitas seperti membajak, mengolah tanah, dan memelihara ternak menghasilkan emisi gas rumah kaca, dengan sistem budidaya tanaman menghasilkan emisi yang lebih tinggi dibandingkan sistem pertanian lainnya. Penebangan hutan, yang berfungsi sebagai penyerap karbon, memperburuk tingkat CO₂ di atmosfer (Jaiswal & Agrawal, 2020; Osman et al., 2023)

Penelitian-penelitian Terdahulu

Penelitian Taridala et al., (2023) menemukan bahwa pembiayaan hijau (*Green Financing*) memainkan peran krusial dalam mengurangi emisi karbon. Investasi dalam energi terbarukan dan teknologi hijau terbukti memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap emisi, sehingga mendorong transisi menuju ekonomi rendah karbon. Pembiayaan hijau (*Green Financing*) yang efektif, dipadukan dengan inovasi dan pembangunan ekonomi berkelanjutan, dapat membantu mengurangi emisi karbon. Kebijakan yang mendorong investasi energi terbarukan dan teknologi hijau sangat penting untuk mencapai netralitas karbon (Valeriani & Sah, 2024).

Terdapat penelitian lain yang menunjukkan bahwa keuangan hijau memberikan dampak positif terhadap perlindungan lingkungan, yang mengarah pada pengurangan emisi karbon dioksida (Gollopini & Mazllami, 2024) Keuangan hijau memainkan peran penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan di Indonesia dengan menarik modal asing dan meningkatkan kualitas lingkungan. Inisiatif

pemerintah di bidang ini mengatasi tingginya emisi gas rumah kaca, yang terutama berasal dari ketergantungan bahan bakar fosil dan eksploitasi sumber daya alam (Wen et al., 2025).

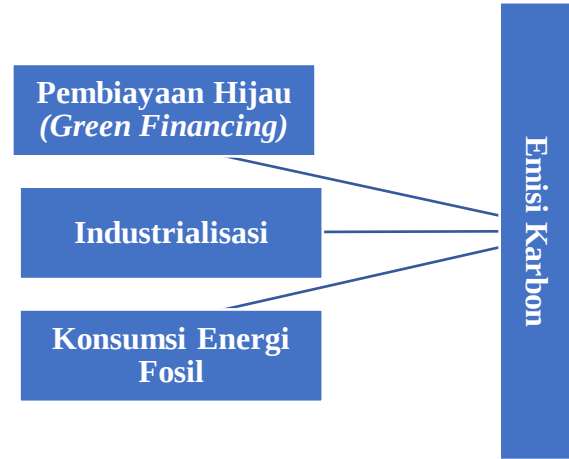
Industrialisasi, yang tercermin dalam pertumbuhan ekonomi dan PDB, memiliki hubungan yang kompleks dengan emisi karbon. Pada awalnya, pertumbuhan ekonomi cenderung meningkatkan emisi, yang mendukung hipotesis Kurva Kuznets Lingkungan (EKC), yang menunjukkan bahwa emisi meningkat seiring dengan PDB hingga titik tertentu, dan setelah itu menurun (Nugraha et al., 2024; Taridala et al., 2023; Valeriani & Sah, 2024).

Hasil penelitian dari Nugraha et al., (2024) & Sasana et al., (2018), menunjukkan bahwa Konsumsi energi fosil secara signifikan meningkatkan emisi karbon di Indonesia. Hal ini didukung oleh berbagai studi yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil yang lebih tinggi, didorong oleh subsidi energi dan kegiatan industri, menyebabkan peningkatan emisi CO₂. Subsidi untuk energi fosil terbukti meningkatkan konsumsi, yang pada gilirannya meningkatkan emisi karbon dan biaya sosial.

Konsumsi bahan bakar fosil di Indonesia memiliki dampak yang signifikan terhadap emisi karbon, berkontribusi terhadap perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Konsumsi energi Indonesia sangat bergantung pada bahan bakar fosil, dengan batu bara, minyak, dan gas alam sebagai sumber utamanya. Pada tahun 2018, bahan bakar fosil mendominasi bauran energi nasional, dengan batu bara menyumbang hampir 50% dari pembangkit listrik (Sari et al., 2023).

Menurut penelitian Nugraha et al., (2024), Pertumbuhan ekonomi di Indonesia telah dikaitkan dengan peningkatan emisi CO₂. Studi menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan PDB per kapita, emisi CO₂ per kapita juga meningkat hingga mencapai titik balik tertentu, yang setelahnya emisi dapat menurun, sesuai dengan hipotesis Kurva Kuznets Lingkungan (EKC). Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang signifikan, termasuk hidro, panas bumi, bioenergi, surya, angin, dan mikrohidro. Implementasi kebijakan energi terbarukan dipengaruhi oleh faktor politik dan ekonomi. Kebijakan yang efektif, seperti diversifikasi energi dan subsidi energi terbarukan, sangat penting untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (Respitawulan & Rahayu, 2019).

Kerangka Hubungan Antar Variabel



3. METODE PENELITIAN

Periode 2018–2023 dipilih karena beberapa alasan. Pertama, keterbatasan ketersediaan data resmi terkait pembiayaan hijau dari Otoritas Jasa Keuangan (OJK) baru dapat diperoleh secara konsisten sejak 2018, seiring dengan peluncuran *Roadmap Keuangan Berkelanjutan Tahap II* di Indonesia. Kedua, periode ini juga bertepatan dengan implementasi berbagai kebijakan transisi energi dan penerbitan instrumen hijau, seperti *green sukuk* dan *green bonds*, yang relevan untuk dianalisis dampaknya terhadap emisi karbon. Ketiga, rentang waktu hingga 2023 mencakup kondisi pasca-pandemi COVID-19 yang turut memengaruhi konsumsi energi dan aktivitas industri. Dengan demikian, periode ini dianggap representatif untuk menggambarkan dinamika terbaru antara pembiayaan hijau, industrialisasi, konsumsi energi fosil, dan emisi karbon di Indonesia.

Definisi Operasional Variabel

Tabel 1. Operasionalisasi Variabel

Variabel	Definisi Operasional	Indikator/Pengukuran
Emisi (CO ₂)	Karbon Jumlah total emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari aktivitas energi dan industri	Juta ton CO ₂ per tahun
Green (GF)	Financing Pembiayaan berorientasi lingkungan yang disalurkan oleh sektor keuangan	Nilai outstanding pembiayaan hijau (triliun rupiah)
Industrialisasi (IND)	Tingkat kontribusi sektor industri terhadap perekonomian nasional	Persentase kontribusi sektor industri terhadap PDB (%)
Fossil Consumption (FEC)	Energy Konsumsi energi berbasis fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas	Jumlah konsumsi energi fosil dalam juta SBM (setara barel minyak)

Model regresi yang digunakan adalah:

$$CO2t = \beta_0 + \beta_1 GFt + \beta_2 INDt + \beta_3 FECt + \epsilon t$$

Keterangan:

1. CO₂: Emisi karbon tahunan di Indonesia yang diukur dalam juta ton CO₂ ekuivalen.
2. GF: Pembiayaan hijau (*Green Financing*), yaitu total pembiayaan untuk proyek-proyek ramah lingkungan, diukur dalam triliun rupiah.
3. IND: Tingkat industrialisasi, diukur berdasarkan persentase kontribusi sektor industri pengolahan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB).
4. FEC: Konsumsi energi fosil (*Fossil Energy Consumption*), yaitu total konsumsi energi yang berasal dari batubara, minyak bumi, dan gas alam, diukur dalam juta SBM (Setara Barel Minyak) atau TOE (*Ton Oil Equivalent*).

Analisis data dilakukan melalui regresi linier berganda dengan pendekatan Ordinary Least Squares (OLS) dengan EViews 12. Awalnya, uji stasioneritas data dilakukan, diikuti dengan serangkaian uji asumsi klasik seperti normalitas, multikolinearitas, autokorelasi, heteroskedastisitas, dan penilaian linearitas untuk memastikan bahwa model mematuhi sifat-sifat *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Uji Regresi Linear *Ordinary Least Square (OLS)*

Tabel 2. Hasil Uji Ordinary Least Squares (OLS)

Variabel	Koefisien	t-Statistik	Probabilitas
C	3.661.154	0.7767	0.5186
GF	453.3571	0.4055	0.7244
IND	85.2118	0.3419	0.7650
FEC	-62.7627	-0.6586	0.5779

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Berdasarkan hasil estimasi model regresi linear berganda dengan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) periode 2018–2023, diperoleh bahwa secara simultan variabel pembiayaan hijau (GF), tingkat industrialisasi (IND), dan konsumsi energi fosil (FEC) tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon (CO₂) di Indonesia. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Prob (F-statistic) sebesar 0,9045 (> 0,05) yang berarti

ketiga variabel independen secara bersama-sama tidak mampu menjelaskan variasi emisi karbon secara signifikan.

Secara parsial, ketiga variabel juga tidak menunjukkan pengaruh signifikan karena nilai probabilitas masing-masing $> 0,05$. Pembiayaan hijau memiliki koefisien positif yang tidak signifikan, menunjukkan bahwa peningkatan alokasi pembiayaan hijau belum secara langsung menekan emisi karbon. Tingkat industrialisasi berkoefisien positif dan tidak signifikan, mengindikasikan bahwa kontribusi industri terhadap PDB belum memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan emisi karbon, kemungkinan karena adanya pergeseran ke teknologi yang lebih efisien. Konsumsi energi fosil justru menunjukkan koefisien negatif dan tidak signifikan, yang dapat terjadi akibat variasi penggunaan energi fosil yang relatif stabil selama periode penelitian atau meningkatnya porsi energi terbarukan dalam bauran energi.

Rendahnya nilai Adjusted R^2 (-0,9775) mengindikasikan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan variasi emisi karbon sangat terbatas. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh periode penelitian yang relatif singkat, keterbatasan data pembiayaan hijau, serta variabel-variabel lain di luar model yang turut memengaruhi emisi karbon di Indonesia.

Nilai Adjusted R^2 sebesar -0,9775 merupakan indikasi kuat bahwa model regresi kurang tepat dalam menjelaskan variasi emisi karbon. Adjusted R^2 negatif biasanya terjadi pada model dengan jumlah observasi yang sangat sedikit ($n = 6$) dibandingkan dengan jumlah variabel independen yang relatif banyak (3 variabel). Kondisi ini membuat model rentan terhadap masalah overfitting, di mana penambahan variabel justru tidak meningkatkan kemampuan model, melainkan menurunkannya.

Selain itu, Adjusted R^2 negatif juga menunjukkan bahwa variabel-variabel independen dalam penelitian ini belum relevan atau belum cukup kuat untuk menjelaskan variasi emisi karbon. Hal ini berarti, jika model hanya menggunakan rata-rata emisi karbon sebagai prediksi, hasilnya justru lebih baik dibandingkan dengan model regresi yang melibatkan GF, IND, dan FEC. Oleh karena itu, langkah yang perlu dilakukan pada penelitian berikutnya adalah memperpanjang periode observasi, memperbesar jumlah sampel, serta menambahkan variabel lain yang lebih relevan seperti bauran energi terbarukan, intensitas energi industri, dan kebijakan lingkungan.

Uji t

Tabel 3. Hasil Uji t (Parsial)

Variabel	Koefisien	t-Statistik	Probabilitas
GF (Green Financing)	453.3571	0.4055	0.7244
IND (Industrialisasi)	85.2118	0.3419	0.7650
FEC (Fossil Energy Consumption)	-62.7627	- 0.6586	0.5779

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Hasil uji t menunjukkan bahwa variabel Green Financing (GF) memiliki koefisien positif sebesar 453.3571 dengan nilai probabilitas 0.7244 (> 0.05). Artinya, peningkatan pembiayaan hijau pada periode penelitian belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia. Kondisi ini dapat terjadi karena implementasi pembiayaan hijau memerlukan waktu yang lebih panjang untuk memberikan dampak, terutama pada sektor energi dan industri yang memiliki karakteristik jangka panjang dalam perubahan struktur produksinya.

Sementara itu, variabel Industrialisasi (IND) juga menunjukkan koefisien positif sebesar 85.2118 dengan nilai probabilitas 0.7650 (> 0.05). Hal ini mengindikasikan bahwa industrialisasi tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon selama periode 2018–2023. Arah hubungan positif sejalan dengan teori bahwa pertumbuhan industri berpotensi meningkatkan emisi, tetapi ketidaksignifikanan hasil dapat dijelaskan oleh faktor efisiensi teknologi, kebijakan efisiensi energi, atau kontribusi sektor industri yang relatif stabil dalam struktur PDB.

Berbeda dari ekspektasi awal, variabel Fossil Energy Consumption (FEC) justru menunjukkan koefisien negatif sebesar -62.7627 dengan nilai probabilitas 0.5779 (> 0.05). Hasil ini berarti konsumsi energi fosil tidak hanya tidak signifikan, tetapi juga menunjukkan arah hubungan negatif dengan emisi karbon. Temuan ini bertolak belakang dengan teori dan penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa konsumsi energi fosil merupakan pendorong utama emisi karbon. Penjelasan yang mungkin adalah adanya peningkatan porsi energi terbarukan dalam bauran energi Indonesia pada periode observasi, sehingga kontribusi energi fosil terhadap kenaikan emisi menjadi lebih kecil.

Uji F

Tabel 4. Hasil Uji F (Simultan)

Statistik	Nilai
F-Statistic	0.1761
Prob (F-Statistic)	0.9045

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Berdasarkan hasil uji F, nilai Prob (F-statistic) sebesar 0.9045 (> 0.05) menunjukkan bahwa secara simultan variabel GF, IND, dan FEC tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbon. Dengan kata lain, model regresi yang digunakan tidak mampu menjelaskan variasi emisi karbon secara bersama-sama pada periode 2018–2023. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor lain di luar model lebih dominan dalam memengaruhi tingkat emisi karbon di Indonesia. Faktor eksternal tersebut dapat berupa kebijakan energi terbarukan, perkembangan teknologi ramah lingkungan, atau kondisi ekonomi global yang memengaruhi pola konsumsi energi.

Uji Asumsi Klasik

Uji Normalitas

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas

Statistik	Nilai
Jarque-Bera	0.4321
Probability	0.8057

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Tujuan uji normalitas adalah untuk memverifikasi bahwa residual dalam model regresi mengikuti distribusi normal. Distribusi normal residual ini krusial karena mendukung validitas statistik t dan F dalam kerangka kerja Ordinary Least Squares (OLS). Dalam analisis ini, Uji Jarque-Bera digunakan untuk menilai normalitas, menggunakan perangkat lunak EViews. Hasil uji menunjukkan nilai probabilitas Jarque-Bera sebesar 0,8057, yang melebihi ambang batas signifikansi 0,05. Berdasarkan kriteria pengujian, nilai probabilitas yang melampaui 0,05 menunjukkan bahwa residual dapat dianggap terdistribusi normal. Oleh karena itu, model regresi dalam analisis ini memenuhi asumsi terkait normalitas residual.

Uji Multikolinearitas

Tabel 6. Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	Centered VIF
GF	1.3072
IND	2.3345
FEC	2.2579

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Pengujian multikolinearitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Variance Inflation Factor (VIF). Nilai VIF yang tinggi menunjukkan adanya korelasi yang kuat antarvariabel independen, yang dapat mengganggu keakuratan estimasi model.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai VIF untuk variabel pembiayaan hijau (GF) sebesar 1,3072, tingkat industrialisasi (IND) sebesar 2,3345, dan konsumsi energi fosil (FEC) sebesar 2,2579. Seluruh nilai tersebut berada jauh di bawah batas umum 10 yang sering digunakan sebagai indikator adanya masalah multikolinearitas.

Hasil ini menunjukkan bahwa antarvariabel independen dalam model tidak memiliki hubungan linear yang cukup kuat untuk menyebabkan gangguan pada proses estimasi regresi. Dengan kata lain, model yang digunakan terbebas dari masalah multikolinearitas sehingga estimasi koefisien regresi dapat dianggap stabil dan dapat diinterpretasikan secara lebih andal.

Uji Autokorelasi

Tabel 7. Hasil Uji Autokorelasi

Statistik	Nilai
F-statistic	0.3525
Prob. F(1,1)	0.6589
Obs*R-squared	1.5637
Prob. Chi-Square(1)	0.2111

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Pengujian autokorelasi dalam penelitian ini menggunakan Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test. Berdasarkan hasil pengujian, nilai Prob. F(1,1) sebesar 0,6589 dan Prob. Chi-Square(1) sebesar 0,2111. Kedua nilai probabilitas ini lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi pada residual model. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai residual pada periode tertentu tidak memiliki keterkaitan dengan residual pada periode sebelumnya. Dengan demikian, model regresi yang digunakan terbebas dari masalah autokorelasi, sehingga

estimasi parameter regresi dapat dianggap lebih konsisten dan dapat digunakan untuk interpretasi lebih lanjut.

Uji Heteroskedastisitas

Tabel 8. Hasil Uji Heteroskedastisitas (Breusch-Pagan-Godfrey)

Statistik	Nilai
F-statistic	2.3995
Prob. F(3,2)	0.3077
Obs*R-squared	4.6955
Prob. Chi-Square(3)	0.1955

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Pengujian heteroskedastisitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan Breusch-Pagan-Godfrey Test. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai Prob. F(3,2) sebesar 0,3077 dan Prob. Chi-Square(3) sebesar 0,1955. Kedua nilai probabilitas ini lebih besar dari 0,05, yang berarti tidak terdapat masalah heteroskedastisitas pada model regresi. Hasil ini mengindikasikan bahwa varians residual dalam model bersifat konstan pada seluruh observasi selama periode penelitian. Dengan demikian, model regresi dapat dianggap memenuhi asumsi kesamaan varians residual, sehingga hasil estimasi parameter tidak bias akibat perbedaan penyebaran error antarobservasi.

Uji Linearitas

Tabel 9. Hasil Uji Hasil Uji Linearitas (Ramsey RESET Test)

Statistik	Nilai
t-statistic	0.9170
Probabilitas	0.5275
F-statistic	0.8409
Prob. F	0.5275

Sumber: Data diolah peneliti, 2025

Pengujian linearitas pada penelitian ini menggunakan Ramsey RESET Test. Berdasarkan hasil pengujian, nilai Prob. F sebesar 0,5275 dan nilai probabilitas t-statistic sebesar 0,5275. Kedua nilai ini lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi yang digunakan bersifat linear dan tidak mengalami salah spesifikasi bentuk fungsi. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen dan variabel dependen dapat dijelaskan secara memadai dengan model linear yang digunakan. Tidak adanya indikasi salah spesifikasi memberikan

keyakinan bahwa model yang dibangun sudah tepat dalam menangkap pola hubungan antarvariabel selama periode penelitian.

Ringkasan Hasil Uji Statistik Utama

Tabel 10. Ringkasan Hasil Uji Statistik Utama

Variabel	Koefisien	Signifikansi	Makna Ekonomi
Green Financing (GF)	453.3571	Tidak signifikan (p = 0.7244)	Setiap peningkatan pembiayaan hijau Rp 1 triliun berasosiasi dengan kenaikan emisi 453 ton CO ₂ , namun tidak signifikan. Ini mengindikasikan pembiayaan hijau belum efektif menekan emisi dalam jangka pendek.
Industrialisasi (IND)	85.2118	Tidak signifikan (p = 0.7650)	Setiap peningkatan kontribusi industri 1% terhadap PDB terkait dengan kenaikan emisi 85 ton CO ₂ , tetapi tidak signifikan. Hal ini menunjukkan adanya potensi efisiensi energi di sektor industri.
Fossil Energy Consumption (FEC)	-62.7627	Tidak signifikan (p = 0.5779)	Konsumsi energi fosil 1 juta SBM justru terkait dengan penurunan emisi 62 ton CO ₂ , meski tidak signifikan. Hal ini mungkin akibat pergeseran bauran energi ke sumber terbarukan.
F-Statistic	0.1761	Prob > 0.05	Secara simultan GF, IND, dan FEC tidak memengaruhi emisi karbon secara signifikan.
R ² (Adjusted)	-0.9775	—	Model memiliki daya jelaskan rendah; kemungkinan karena jumlah observasi kecil (n=6) dan variabel independen kurang relevan.

Pembahasan

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa secara simultan, variabel pembiayaan hijau (GF), tingkat industrialisasi (IND), dan konsumsi energi fosil (FEC) tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon (CO₂) di Indonesia selama periode 2018–2023. Hal ini dibuktikan dengan nilai Prob(F-statistic) sebesar 0,9045 yang jauh di atas batas signifikansi 5 persen.

Secara parsial, masing-masing variabel independen juga tidak berpengaruh signifikan pada tingkat keyakinan 95 persen. Variabel pembiayaan hijau (GF) memiliki koefisien positif namun tidak signifikan, yang mengindikasikan bahwa peningkatan pembiayaan hijau pada periode penelitian belum mampu secara langsung menurunkan emisi karbon. Hal ini dapat terjadi karena realisasi pembiayaan hijau memerlukan waktu untuk memberikan dampak terhadap sektor-sektor penghasil

emisi, seperti industri dan energi, sehingga pengaruhnya baru terlihat dalam jangka panjang.

Variabel tingkat industrialisasi (IND) juga menunjukkan koefisien positif dan tidak signifikan. Arah hubungan ini sejalan dengan teori bahwa peningkatan aktivitas industri cenderung mendorong peningkatan emisi karbon, khususnya jika masih bergantung pada energi fosil dan teknologi padat energi. Namun, tidak signifikkannya pengaruh dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh adanya pergeseran menuju teknologi industri yang lebih efisien atau kontribusi industri yang relatif stabil selama periode observasi. Sementara itu, variabel konsumsi energi fosil (FEC) menunjukkan koefisien negatif dan tidak signifikan. Hasil ini tidak sesuai dengan ekspektasi awal yang memprediksi hubungan positif antara konsumsi energi fosil dan emisi karbon. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah mulai meningkatnya bauran energi terbarukan di Indonesia yang secara bertahap mengurangi ketergantungan pada energi fosil, atau adanya kebijakan efisiensi energi yang menekan pertumbuhan emisi meskipun konsumsi energi fosil masih tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa selama periode 2018–2023, kebijakan pembiayaan hijau, perkembangan industrialisasi, dan konsumsi energi fosil belum menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia. Hal ini dapat disebabkan oleh periode observasi yang relatif singkat, keterbatasan data, serta faktor eksternal lain seperti kondisi ekonomi global, perubahan teknologi, dan kebijakan lingkungan yang belum sepenuhnya optimal. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan periode yang lebih panjang, cakupan data yang lebih luas, dan variabel tambahan seperti penggunaan energi terbarukan atau intensitas energi industri sangat dianjurkan untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembiayaan hijau, industrialisasi, dan konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia periode 2018–2023. Temuan ini berbeda dengan (Sasana et al., 2018) yang menegaskan konsumsi energi fosil secara signifikan meningkatkan emisi karbon, serta (Nugraha et al., 2024), yang menemukan bahwa industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi berhubungan erat dengan peningkatan emisi sesuai hipotesis EKC. Perbedaan hasil dapat dijelaskan oleh periode observasi yang singkat, meningkatnya efisiensi industri, serta mulai bergesernya bauran energi menuju sumber terbarukan. Namun, penelitian ini sejalan dengan (Taridala et al., 2023), yang menyatakan bahwa

dampak pembiayaan hijau terhadap penurunan emisi baru terlihat dalam jangka panjang jika didukung inovasi dan insentif kebijakan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kebijakan hijau di Indonesia masih berada pada tahap awal sehingga efektivitasnya belum tercermin secara signifikan dalam data jangka pendek.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembiayaan hijau, tingkat industrialisasi, dan konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia pada periode 2018–2023, baik secara simultan maupun parsial. Koefisien pembiayaan hijau dan industrialisasi cenderung positif, sedangkan konsumsi energi fosil negatif, namun ketiganya tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut belum memberikan pengaruh nyata terhadap emisi karbon dalam periode pengamatan yang relatif singkat.

Penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang periode pengamatan dan menambahkan variabel lain seperti bauran energi terbarukan, intensitas energi industri, dan kebijakan lingkungan. Pemerintah dan lembaga keuangan juga perlu mengoptimalkan pembiayaan hijau untuk proyek yang berdampak langsung pada penurunan emisi, sekaligus mempercepat transisi energi menuju sumber terbarukan. Selain itu, perbaikan kualitas dan ketersediaan data terkait emisi karbon, konsumsi energi, dan pembiayaan hijau sangat diperlukan agar analisis di masa mendatang lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (2025). Penggunaan fisik untuk energi Indonesia. Diakses pada 10 Agustus 2025, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjI4NiMy/penggunaan-fisik-untuk-energi-indonesia.html>
- Chairiawan, M. A. (2019). Indonesia Opportunity to Accelerate Energy Transition. *2019 International Conference on Technologies and Policies in Electric Power and Energy, TPEPE 2019*. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF48524.2019.9102598>
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71. <https://doi.org/10.1257/002205104773558047>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gollopenni, K. S., & Mazllami, J. (2024). The impact of green finance on environmental protection. *Multidisciplinary Science Journal*, 6(11). <https://doi.org/10.31893/multiscience.2024220>

- Hadiroh, J. (2025). Indeks nilai green sukuk global di Indonesia tahun 2018–2023. *GoodStats Data*. Diakses pada 10 Agustus 2025, dari <https://data.goodstats.id/statistic/indeks-nilai-green-sukuk-global-di-indonesia-tahun-2018-2023-7XyWH>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaiswal, B., & Agrawal, M. (2020). Carbon Footprints of Agriculture Sector. In *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7916-1_4
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). Grafik emisi. Diakses pada 10 Agustus 2025, dari https://signsmart.menlhk.go.id/v2.1/app/chart/emisi_m
- Narkhede, R. (2011). Sensitive industrialisation: A boon to economy. *Chemical Engineering World*, 46(12).
- Nugraha, A., Siregar, H., Fahmi, I., Asikin, Z., Indrawan, D., Harianto, & Aprilian, S. (2024). Identification of Factors Affecting Net Zero Emission Level Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(5), 203–210. <https://doi.org/10.32479/ijeep.16644>
- O'Brien, P. K. (2015). Industrialization, Typologies and History of. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.62087-1>
- Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P. S. (2023). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(2). <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. London: Macmillan.
- Respitawulan, A., & Rahayu, A. Y. S. (2019). The Role of Renewable Energy to Reduce Climate Change: Perspective of Policy Content and Context. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 328(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/328/1/012005>
- Sari, T. K., Novita, D., Irianto, C. G., Abduh, S., & Widjaja, M. (2023). Greenhouse gas emission reduction potential for power generation in Indonesia using boiler advanced technology application. *AIP Conference Proceedings*, 2706. <https://doi.org/10.1063/5.0120276>
- Sasana, H., Salman, F., Suharnomo-Suharnomo, Nugroho, S. B. M., & Edy Yusuf, A. G. (2018). The impact of fossil energy subsidies on social cost in indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(2).
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Tames, R. L. (2013). Documents of the industrial revolution 1750–1850: Select economic and social documents for sixth forms. In *Documents of the Industrial Revolution 1750-1850: Select Economic and Social Documents for Sixth Forms*. <https://doi.org/10.4324/9781315019253>
- Taridala, S. A. A., Alzarliani, W. O., Fauziyah, E., Rianse, I. S., & Arimbawa, P. (2023). Green Finance, Innovation, Agriculture Finance and Sustainable Economic

- Development: The Case of Indonesia's Provincial Carbon Emissions. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 271–280. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13959>
- TheGlobalEconomy.com. (2023). Indonesia: Industry value added. Diakses pada 10 Agustus 2025, dari https://www.theglobaleconomy.com/Indonesia/industry_value_added/
- Valeriani, D., & Sah, T. (2024). Decoding carbon neutrality targets: insights from Indonesia's economic and energy perspective. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1419(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1419/1/012051>
- Wen, B., He, Y., Jing, X., & Haroon, M. (2025). Advancing renewable energy and green finance for economic growth and ecological resilience. *Energy Strategy Reviews*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101747>