

ANTARA HUTAN, INVESTASI, DAN KEMISKINAN: DINAMIKA EMISI KARBON DI INDONESIA

Cut Putri Mellita Sari^{1*}, Noviami Trisniarti², Fanny Nailufar³

^{1,2,3} Prodi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, 24353, Indonesia

*Corresponding author: cutputri.mellita@unimal.ac.id

ABSTRACT

The study assessed the impact of the proportion of forests, Inland Capital Growth (INC), and the number of poor people on carbon emissions in Indonesia. As a country with extensive tropical forests, Indonesia faces the challenge of finding forest sustainability amid the pressure of economic development. Industrial and infrastructure investments often lead to deforestation, increasing carbon emissions, while poor communities that rely on forests carry out environmentally damaging practices. This research filled the gaps in previous studies by exploring how variations in forest proportions, the impact of GDP in various sectors, and the relationship of poverty with land use affect carbon emissions. The study also examines the interactions between the three variables. The results are expected to provide a comprehensive insight into Indonesia's policy strategy for reducing carbon emissions. The double linear regression analysis method tests the influence between these variables. Data obtained from Indonesian Statistics for the period 2000-2022. The analysis results show that the proportion of forests has a negative and significant influence on carbon emissions, which means that increasing forest size can effectively reduce carbon emissions. Moreover, the PMDN has also been found to have a negative, significant impact on carbon emissions, suggesting that domestic investment plays a role in reducing emissions. On the contrary, the number of poor populations has no significant influence on carbon emissions. These findings indicate that policies to increase the proportion of forests and boost the MDGs can be effective strategies to reduce carbon emissions while reducing the number of poor populations does not directly affect carbon emissions.

Keywords: carbon emissions, proportion of forests, PMDN, poverty population

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh proporsi hutan, Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN), dan jumlah penduduk miskin terhadap emisi karbon di Indonesia. Sebagai negara dengan hutan tropis yang luas, Indonesia menghadapi tantangan menjaga kelestarian hutan di tengah tekanan pembangunan ekonomi. Investasi industri dan infrastruktur sering menyebabkan deforestasi, meningkatkan emisi karbon, sementara masyarakat miskin yang bergantung pada hutan melakukan praktik yang merusak lingkungan. Penelitian ini mengisi kesenjangan studi sebelumnya dengan mengeksplorasi bagaimana variasi proporsi hutan, dampak PMDN di berbagai sektor, dan hubungan kemiskinan dengan penggunaan lahan mempengaruhi emisi karbon. Penelitian ini juga mengkaji interaksi antara ketiga variabel tersebut. Hasilnya diharapkan memberikan wawasan komprehensif untuk strategi kebijakan pengurangan emisi karbon di Indonesia. Metode analisis regresi linier berganda digunakan untuk menguji pengaruh antara variabel-variabel tersebut. Data diperoleh dari Statistik Indonesia dalam rentang waktu 2000-2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa proporsi hutan memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon, yang berarti peningkatan luas hutan dapat mengurangi emisi karbon secara efektif. Selain itu, PMDN juga ditemukan memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon, menunjukkan bahwa investasi domestik berperan dalam penurunan emisi. Sebaliknya, jumlah penduduk miskin tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon. Temuan ini mengindikasikan bahwa kebijakan peningkatan proporsi hutan dan mendorong PMDN dapat menjadi strategi efektif untuk mengurangi emisi karbon, sementara pengurangan jumlah penduduk miskin tidak secara langsung mempengaruhi emisi karbon.

Kata Kunci: emisi karbon, proporsi hutan, pmdn, jumlah penduduk miskin

1. Pendahuluan

Di Indonesia, permasalahan lingkungan hidup terkait hutan, investasi, dan kemiskinan memiliki dampak yang kompleks terhadap emisi karbon. Sebagai negara dengan salah satu cadangan hutan tropis terbesar di dunia, Indonesia menghadapi tantangan serius dalam menjaga kelestarian hutan sambil menghadapi tekanan untuk pembangunan ekonomi (Rahayuningsih et al., 2021; Verchot et al., 2010; Wahyuni, 2021). Investasi dalam sektor industri dan infrastruktur sering kali bertentangan dengan upaya pelestarian lingkungan, memicu deforestasi yang berkontribusi pada emisi karbon yang tinggi. Sementara itu, masyarakat di sekitar hutan, terutama yang hidup dalam kemiskinan, sering kali menjadi pihak yang paling terdampak (Tran et al., 2024).

Permasalahan kemiskinan di sekitar hutan sering kali menjadi akar dari masalah deforestasi. Masyarakat lokal, terutama suku-suku adat dan petani kecil, sering kali mengandalkan hutan sebagai sumber mata pencaharian utama mereka. Ketika akses mereka terhadap hutan dibatasi atau ketika mereka tidak memiliki alternatif ekonomi yang layak, mereka terpaksa untuk melakukan kegiatan yang merusak lingkungan, seperti menebang hutan secara ilegal atau membuka lahan dengan cara membakar. Praktik-praktik ini tidak hanya meningkatkan emisi karbon tetapi juga menyebabkan degradasi ekosistem yang penting bagi kehidupan manusia dan satwa liar (Cheng et al., 2017; Prochazka et al., 2023).

Meskipun telah banyak penelitian tentang hubungan antara hutan, Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN), jumlah penduduk miskin, dan emisi karbon di Indonesia, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang perlu diisi untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif mengenai isu ini. Berikut adalah beberapa gap penelitian yang terkait pertama, hubungan Proporsi Hutan dengan Emisi Karbon. Banyak penelitian telah menyoroti pentingnya hutan dalam menyerap karbon dan mengurangi emisi, tetapi kurangnya studi yang spesifik mengeksplorasi bagaimana variasi proporsi hutan di berbagai wilayah Indonesia mempengaruhi emisi karbon secara berbeda (Irfan et al., 2021; Sulaiman, 2019; Verchot et al., 2010).

Studi yang mendetail tentang bagaimana perubahan proporsi hutan di daerah tertentu berdampak pada emisi karbon lokal dan regional masih jarang dilakukan. Penelitian ini penting untuk memahami efek deforestasi dan reforestasi dalam konteks yang lebih lokal dan spesifik. Kedua, pengaruh PMDN terhadap Emisi Karbon. Sementara beberapa studi telah meneliti dampak investasi asing terhadap lingkungan (Kasman et al., 2022; Kurnia, 2018; Silvia et al., 2021), masih sedikit penelitian yang fokus pada dampak PMDN terhadap emisi karbon. Investasi dalam negeri, terutama di sektor perkebunan, pertambangan, dan infrastruktur, dapat memiliki dampak signifikan terhadap deforestasi dan emisi karbon. Penelitian yang mengkaji bagaimana PMDN dalam berbagai sektor ekonomi mempengaruhi emisi karbon, serta bagaimana regulasi dan kebijakan dapat memitigasi dampak negatifnya, sangat diperlukan. Ketiga, Jumlah Penduduk Miskin dan Emisi Karbon.

Ada kekurangan penelitian yang mendalam tentang hubungan antara jumlah penduduk miskin dan emisi karbon. Penelitian yang ada sering kali hanya menyinggung secara umum tanpa memberikan analisis mendalam tentang bagaimana kemiskinan mempengaruhi praktik penggunaan lahan dan kegiatan ekonomi yang berkontribusi terhadap emisi karbon. Studi yang lebih fokus pada dinamika ini, termasuk bagaimana program pengentasan kemiskinan dapat dirancang untuk juga mengurangi emisi karbon, masih sangat terbatas. Keempat, Interaksi antara Proporsi Hutan, PMDN, dan Kemiskinan terhadap Emisi Karbon. Penelitian yang mengintegrasikan ketiga variabel ini (proporsi hutan, PMDN, dan jumlah penduduk miskin) dalam satu kerangka analisis masih sangat jarang. Banyak studi yang hanya melihat hubungan dua variabel tanpa mempertimbangkan interaksi yang kompleks di antara ketiganya. Penelitian yang mengeksplorasi bagaimana ketiga faktor ini secara bersamaan mempengaruhi emisi karbon akan memberikan wawasan yang lebih holistik dan komprehensif, yang penting untuk perencanaan kebijakan yang efektif.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam bagaimana pengaruh proporsi hutan, PMDN dan jumlah penduduk miskin terhadap emisi karbon

di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi proporsi hutan, PMDN dan jumlah penduduk miskin terhadap pengurangan emisi karbon di Indonesia.

2. Tinjauan Pustaka

Emisi Karbon

Di Indonesia, emisi karbon menjadi perhatian utama dalam konteks perubahan iklim global dan tantangan lingkungan. Sebagai negara dengan populasi besar dan ekonomi yang sedang berkembang pesat, Indonesia menghadapi tantangan kompleks terkait emisi karbon dari berbagai sektor ekonomi dan aktivitas manusia. Selain itu, Indonesia juga memiliki kekayaan alam yang unik, seperti hutan tropis yang merupakan salah satu cadangan karbon terbesar di dunia. Namun, deforestasi, perambahan hutan, dan konversi lahan menjadi pertanian atau infrastruktur telah menyebabkan kerugian besar dalam hal emisi karbon. Upaya konservasi dan pengelolaan berkelanjutan menjadi kunci untuk mengurangi dampak negatif ini (Adi, 2023; Nursulistyo et al., 2023).

Pertanian dan perubahan penggunaan lahan menjadi penyebab utama dari emisi karbon di Indonesia. Sektor kehutanan dan lahan, seperti deforestasi untuk perkebunan dan pertanian, merupakan sumber emisi signifikan. Praktik-praktik ini tidak hanya melepaskan karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan tetapi juga mengganggu siklus alam yang mengatur penyerapan karbon oleh vegetasi (Agus, 2013; Setiawan & Syaufina, 2016).

Industri energi juga memberikan kontribusi besar terhadap emisi karbon di Indonesia. Sektor energi, terutama dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil, transportasi, dan industri besar, adalah sumber utama emisi karbon. Meskipun upaya untuk mengembangkan energi terbarukan semakin meningkat, tantangan untuk mengurangi ketergantungan pada batu bara dan minyak masih besar (Pratama, 2022).

Pengelolaan limbah juga menjadi perhatian dalam hal emisi karbon di Indonesia. Peningkatan jumlah limbah padat dan proses pengelolaannya yang tidak optimal, seperti pembakaran terbuka, menyebabkan pelepasan gas rumah kaca, termasuk karbon dioksida, ke atmosfer. Kondisi ini diperparah oleh infrastruktur yang belum memadai untuk pengelolaan limbah yang ramah lingkungan (Paramithadevi et al., 2022).

Selain itu, pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat di Indonesia juga berdampak pada emisi karbon. Peningkatan kebutuhan akan perumahan, transportasi, dan infrastruktur kota menimbulkan permintaan energi yang lebih besar, yang pada gilirannya meningkatkan emisi karbon. Penyadaran akan pentingnya mengurangi jejak karbon di tingkat individu dan komunitas menjadi semakin penting dalam upaya mengendalikan emisi karbon secara keseluruhan di Indonesia (Buana & Riayanto, 2024).

Proporsi Hutan

Di Indonesia, proporsi hutan memiliki peran krusial dalam keanekaragaman hayati global dan mitigasi perubahan iklim. Sebagai negara dengan hutan tropis terbesar ketiga di dunia, Indonesia memiliki proporsi hutan yang signifikan meskipun menghadapi tekanan besar dari deforestasi dan degradasi hutan. Menurut data dari Pusat Informasi Kehutanan Nasional (Pusat Data dan Informasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan), pada tahun 2020, hutan mencakup sekitar 57% dari total luas daratan Indonesia.

Proporsi hutan di Indonesia sangat beragam tergantung pada wilayahnya. Hutan-hutan yang meliputi hutan hujan tropis di Kalimantan, Sumatera, Papua, dan Sulawesi adalah sumber daya alam yang kaya dan penting untuk menjaga ekosistem global. Namun, pengelolaan hutan yang berkelanjutan tetap menjadi tantangan, terutama di tengah tekanan dari industri perkebunan, pertambangan, dan pembangunan infrastruktur. Deforestasi yang disebabkan oleh ekspansi perkebunan kelapa sawit dan konversi lahan untuk pertanian skala besar menjadi ancaman serius terhadap proporsi hutan di Indonesia (Januar et al., 2021; Nakita & Najicha, 2022; Wahyuni, 2021).

Hubungan antara proporsi hutan dan emisi karbon sangat erat dan mempengaruhi secara signifikan dinamika perubahan iklim global. Hutan memiliki kapasitas alami untuk menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Saat pohon-pohon tumbuh,

mereka menyerap CO₂ untuk digunakan dalam proses pembentukan biomassa, seperti batang dan daun. Sebaliknya, ketika hutan ditebang atau terdegradasi, karbon yang tersimpan dalam biomassa dilepaskan kembali ke atmosfer sebagai CO₂. Oleh karena itu, semakin besar proporsi hutan dalam suatu wilayah, semakin besar pula kapasitasnya untuk menyerap dan menyimpan karbon, sehingga mengurangi jumlah CO₂ yang beredar di atmosfer dan mengurangi efek rumah kaca (Yusri et al., 2022).

Selain sebagai penyerap karbon, hutan juga memiliki peran dalam mencegah atau mengurangi emisi karbon. Hutan yang sehat berfungsi sebagai cadangan karbon yang besar, baik dalam biomassa hidupnya maupun dalam lapisan tanahnya. Penebangan hutan atau perubahan penggunaan lahan yang merusak ekosistem hutan tidak hanya menghilangkan kemampuan hutan untuk menyerap CO₂, tetapi juga dapat memicu pelepasan karbon yang tersimpan dalam tanah organik atau bahan bakar hutan, seperti dalam kebakaran hutan atau pembusukan bahan organik yang terganggu. Oleh karena itu, menjaga proporsi hutan yang luas dan sehat sangat penting untuk mengurangi emisi karbon secara keseluruhan (Complex & Sumatera, 2020; Endriani & Sunarti, 2019).

Pengelolaan hutan yang berkelanjutan dan pelestarian kawasan hutan juga memiliki dampak langsung dalam mitigasi perubahan iklim. Program restorasi hutan, seperti reforestasi atau rehabilitasi lahan gambut yang terdegradasi, dapat meningkatkan penyerapan karbon oleh hutan. Di Indonesia, yang memiliki hutan tropis yang luas, upaya untuk mengembalikan lahan yang terdegradasi ke dalam hutan dapat memiliki dampak yang signifikan dalam mengurangi emisi karbon. Penelitian terus dilakukan untuk mengukur dampak berbagai strategi pengelolaan hutan terhadap perubahan kadar CO₂ di atmosfer, dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman dan implementasi praktik terbaik dalam pelestarian dan restorasi hutan untuk mitigasi perubahan iklim global (Irfan et al., 2021)

Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)

PMDN (Penanaman Modal Dalam Negeri) adalah kegiatan investasi yang dilakukan oleh investor domestik dalam negeri di Indonesia. Investasi ini dapat meliputi berbagai sektor ekonomi, termasuk industri, pertambangan, energi, transportasi, dan infrastruktur yang dapat menyebabkan deforestasi, sehingga meningkatkan emisi karbon (Gourgourinis, 2023). PMDN sering kali mengarah pada pertumbuhan sektor industri yang intensif energi. Misalnya, investasi dalam industri manufaktur, kimia, atau pembangkit listrik berbasis batu bara dapat meningkatkan konsumsi energi dan, oleh karena itu, emisi karbon. Proses industri yang memerlukan pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi atau memproses material dapat secara signifikan menyumbang terhadap jumlah karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Chetachukwu & Kingsley, 2021).

Investasi dalam sektor energi, baik dari dalam negeri maupun luar negeri, juga berpotensi memperkuat infrastruktur energi yang bergantung pada sumber daya fosil. Meskipun ada peningkatan dalam pengembangan energi terbarukan, Indonesia masih sangat bergantung pada batu bara sebagai sumber utama energi. Investasi PMDN dalam pembangkit listrik berbasis batu bara dapat memperpanjang masa pakai infrastruktur ini, yang pada gilirannya dapat menghambat transisi menuju energi bersih dan memperburuk masalah emisi karbon. Investasi PMDN juga dapat mempengaruhi pengelolaan sumber daya alam, termasuk hutan dan lahan. Deforestasi yang disebabkan oleh ekspansi perkebunan atau kegiatan pertambangan dapat menyebabkan pelepasan karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan dan tanah organik. Penebangan hutan yang tidak berkelanjutan untuk tujuan industri atau pengembangan infrastruktur dapat mengurangi kapasitas hutan dalam menyerap karbon dan meningkatkan emisi karbon secara signifikan, (Alviya et al., 2018).

Kebijakan dalam mengelola investasi PMDN dengan bijak perlu dilakukan untuk mengurangi dampak negatif terhadap emisi karbon. Kebijakan-kebijakan yang mengarah pada pembangunan berkelanjutan, investasi dalam teknologi bersih, penggunaan energi terbarukan, serta pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan dapat membantu memitigasi emisi karbon yang berasal dari sektor-sektor yang dipengaruhi oleh PMDN (Akbar et al., 2023).

Jumlah Penduduk Miskin

Pengaruh jumlah penduduk miskin terhadap emisi karbon di Indonesia dapat dijelaskan melalui beberapa faktor utama. Penduduk miskin cenderung memiliki akses terbatas terhadap sumber daya energi modern yang bersih dan efisien. Banyak dari mereka bergantung pada bahan bakar tradisional seperti kayu bakar, arang, atau batu bara untuk memasak dan pemanas rumah tangga. Penggunaan bahan bakar ini tidak hanya tidak efisien secara energi, tetapi juga menyebabkan emisi karbon yang tinggi ketika dibakar, terutama dalam kondisi pembakaran yang tidak sempurna (Adi, 2023).

Tingkat kemiskinan yang tinggi sering kali berhubungan dengan akses yang terbatas terhadap infrastruktur energi yang lebih modern dan ramah lingkungan. Hal ini dapat mendorong penggunaan transportasi pribadi yang kurang efisien dalam hal konsumsi bahan bakar, serta membatasi akses terhadap teknologi energi terbarukan yang lebih bersih seperti panel surya atau stove listrik (Ridena, 2021).

Penduduk miskin juga sering kali terlibat dalam sektor ekonomi yang memiliki jejak karbon yang tinggi, seperti pertanian subsisten atau industri informal. Praktik-praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, misalnya penggunaan pupuk kimia atau pengelolaan lahan yang buruk, dapat menyebabkan pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer. Di sektor industri informal, penggunaan teknologi yang kurang ramah lingkungan dan kegiatan produksi yang tidak efisien energi juga dapat meningkatkan emisi karbon secara signifikan (Aprilia et al., 2024). Untuk mengurangi dampak negatif ini, penting untuk mengembangkan program-program inklusif yang tidak hanya meningkatkan kesejahteraan penduduk miskin, tetapi juga mempromosikan penggunaan energi yang bersih dan efisiensi energi. Ini termasuk upaya untuk memperluas akses terhadap teknologi energi terbarukan, meningkatkan infrastruktur energi yang efisien, dan mendukung praktek-praktek pertanian yang berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, dapat memperkuat ketahanan energi dan mengurangi jejak karbon secara keseluruhan, sambil juga meningkatkan kualitas hidup bagi penduduk miskin (Arifin, 2025).

3. Metode, Data, dan Analisis

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan kuantitatif. Metode penelitian dengan pendekatan kuantitatif adalah suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data numerik atau data yang dapat diukur. Dalam penelitian ini digunakan Regresi Linear Berganda untuk menganalisis data dari variabel penelitian. Pemilihan metode regresi linear berganda bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan, pola, dan tren di antara variabel yang diteliti sehingga akan memberikan hasil yang objektif dan dapat digeneralisasikan

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan objek dari penelitian ini adalah Emisi Karbon yaitu banyaknya emisi yang dihasilkan per unit output ekonomi dalam satuan ribu ton, Hutan yang diukur dengan proporsi hutan yaitu jumlah luas area hutan dibandingkan dengan total luas wilayah dan dinyatakan dalam bentuk persentase, Penanaman Modal Dalam Negeri yang merupakan indikator dari investasi dalam negeri, dinyatakan dalam milyar rupiah dan kemiskinan yaitu Jumlah Penduduk Miskin yang dinyatakan dalam jiwa. Periode pengamatan dilakukan dari tahun 2000-2022. Penelitian ini dilakukan di Indonesia.

Analisis

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Regresi Linier Berganda. Model atau persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + e_i \quad (1)$$

Keterangan:

Y : Emisi Karbon (Variabel Dependen)

β_0 : Konstanta

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Koefisien regresi dari masing-masing variabel penelitian

- X_1 : Variabel Proporsi Hutan
 X_2 : Variabel Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)
 X_3 : Variabel Jumlah Penduduk Miskin
 e_i : Error term

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memastikan apakah model regresi linear berganda yang merupakan model analisis data pada penelitian ini memberikan estimasi parameter yang akurat dan hasil uji statistik yang valid maka perlu dilakukan uji asumsi klasik, yang terdiri dari uji normalitas, uji multikolinearitas, uji autokorelasi dan uji heterokedastisitas sebagai berikut:

Uji Normalitas

Tabel 2. Uji normalitas

Jarque-Bera	4.627160
Probability	0.098907

Sumber: Olah data, 2024

Tabel 2 memperlihatkan bahwa probability dari jarque-bera adalah 0.098907 yang lebih besar dari 0.05 atau $0.098907 > 0.05$ itu berarti data terdistribusi normal ini berarti model prediksi dapat memberikan estimasi parameter yang lebih reliabel dan hasil yang lebih valid.

Uji Multikolinearitas

Tabel 3. Uji Multikolinearitas

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	1.84E+13	3688.834	NA
X_1	8.74E+09	4780.206	4.273734
X_2	0.538281	5.365896	2.568077
X_3	1000.986	206.1687	4.701577

Sumber: Olah data, 2024

Dari tabel di atas terlihat bahwa semua variabel penelitian memiliki nilai *centered VIF* < 10. Maka dapat disimpulkan bahwa data terbebas dari multikolinearitas. Hal ini berarti koefisien regresi dapat diestimasi dengan akurat dan dapat diinterpretasikan secara jelas. Setiap koefisien menggambarkan perubahan rata-rata dalam variabel dependen untuk setiap satu unit perubahan dalam variabel independen, dengan asumsi variabel-variabel lain konstan. Model yang terbebas dari multikolinearitas cenderung memberikan prediksi yang lebih akurat dan reliabel.

Uji Autokorelasi

Tabel 4. Uji Autokorelasi

F-statistic	1.684450	Prob. F (2,17)	0.2151
Obs*R-squared	3.804068	Prob. Chi-Square (2)	0.1493

Sumber: Olah data, 2024

Tabel 4 memperlihatkan bahwa Prob. Chi-Square > 0.05 ini berarti data terbebas dari autokorelasi. Dengan memastikan bahwa data terbebas dari autokorelasi sehingga dapat meningkatkan validitas dan reliabilitas hasil analisis regresi serta membuat prediksi yang lebih akurat. Hal ini penting dalam penelitian yang mengkaji pengaruh proporsi hutan, PMDN, dan jumlah penduduk miskin terhadap emisi karbon, karena data yang bebas dari autokorelasi memastikan bahwa hubungan yang ditemukan antara variabel-variabel tersebut bukan disebabkan oleh pengaruh dari variabel yang tidak teramati atau gangguan data yang berkorelasi satu sama lain. Dengan demikian, kebijakan yang disarankan berdasarkan temuan penelitian ini akan

memiliki dasar yang lebih kuat dan relevan untuk diterapkan dalam konteks pengurangan emisi karbon di Indonesia.

Uji Heterokedastisitas

Tabel 5. Uji Heterokedastisitas

F-statistic	0.900563	Prob. F (3,19)	0.4592
Obs*R-squared	2.863320	Prob. Chi-Square (3)	0.4132

Sumber: Olah data, 2024

Pada uji heterokedastisitas, nilai prob.chi-square > 0.05 itu berarti data terbebas dari heterokedastisitas sehingga data dapat digunakan untuk memprediksikan variabel terikatnya. Data yang terbebas dari heteroskedastisitas sangat penting dalam analisis regresi karena beberapa alasan utama yang berkaitan dengan validitas dan reliabilitas hasil analisis statistik. Heteroskedastisitas mengacu pada situasi di mana varians residual (kesalahan prediksi) tidak konstan di seluruh rentang pengamatan, yang bertentangan dengan asumsi dasar regresi linear klasik bahwa residual harus memiliki varians yang konstan (homoskedastisitas). Ketika data terbebas dari heteroskedastisitas, estimasi koefisien regresi cenderung lebih efisien dan tidak bias. Selain itu, homoskedastisitas memastikan bahwa standar error koefisien regresi diestimasi dengan benar, memungkinkan inferensi statistik yang valid dan andal.

Hasil yang diperoleh setelah penelitian dilakukan, variabel jumlah penduduk miskin (X_3) tidak berpengaruh dan tidak signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia pada periode penelitian (dapat dilihat pada tabel 1). Hal ini disebabkan oleh emisi karbon sebagian besar dihasilkan oleh sektor industri, transportasi, dan energi yang didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil. Meskipun penduduk miskin cenderung memiliki konsumsi energi yang rendah, kontribusi sektor-sektor ini terhadap emisi jauh lebih besar dibandingkan dengan emisi dari rumah tangga miskin. Pada periode tersebut, banyak kebijakan dan pembangunan infrastruktur yang berfokus pada peningkatan produksi energi dan industrialisasi yang menggunakan bahan bakar fosil. Upaya ini seringkali dilakukan tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan secara menyeluruh, sehingga emisi karbon tetap tinggi meskipun ada upaya pengentasan kemiskinan (Arifin, 2025).

Sementara variabel yang paling besar pengaruhnya terhadap emisi karbon pada periode penelitian adalah proporsi hutan (X_1). Proporsi hutan sangat berpengaruh terhadap pengurangan emisi karbon karena hutan berperan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) yang efektif. Melalui proses fotosintesis, pohon dan tanaman menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer dan mengubahnya menjadi oksigen dan biomassa, yang disimpan dalam bentuk batang, daun, dan akar. Semakin besar proporsi hutan, semakin banyak karbon yang dapat diserap dan disimpan, sehingga mengurangi jumlah karbon dioksida di atmosfer yang berkontribusi pada pemanasan global. Selain itu, hutan membantu mengurangi emisi karbon dengan mencegah deforestasi dan degradasi lahan. Ketika hutan ditebang atau rusak, karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan dilepaskan kembali ke atmosfer sebagai CO_2 . Dengan mempertahankan proporsi hutan yang tinggi, pelepasan karbon dari deforestasi dapat diminimalkan. Hutan yang dikelola dengan baik juga mendukung keseimbangan ekosistem dan meningkatkan keanekaragaman hayati, yang pada gilirannya memperkuat kapasitas hutan untuk menyerap dan menyimpan karbon. Hutan berperan penting dalam regulasi iklim global dan lokal. Hutan mempengaruhi pola curah hujan dan suhu melalui penguapan dan transpirasi, proses di mana air dilepaskan dari daun ke atmosfer. Ini membantu mendinginkan udara dan mengatur siklus air, yang penting untuk mengurangi efek pemanasan global. Hutan juga berfungsi sebagai pelindung tanah dari erosi dan membantu menjaga kualitas air. Dengan demikian, mempertahankan dan meningkatkan proporsi hutan adalah strategi kunci dalam mitigasi perubahan iklim dan pengurangan emisi karbon, memberikan manfaat ekosistem yang luas dan berkelanjutan.

Tabel 1. Hasil regresi proporsi hutan, PMDN dan jumlah penduduk miskin terhadap emisi karbon di Indonesia periode 2000-2022

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	15460607	3.608643	0.0019
X ₁	-254421.1	-2.721111	0.0136
X ₂	-2.031638	-2.769121	0.0122
X ₃	-23.67754	-0.748380	0.4634
F-statistic			7.277783
Prob(F-statistic)			0.001916

Sumber: Olah data, 2024

Dari tabel 1 dapat dibuat persamaan regresi linear bergandanya sebagai berikut:

$$Y = 15460607 - 254421.1X_1 - 2.031638X_2 - 23.67754X_3 + e_i \quad (2)$$

Dari persamaan (2) maka dapat diinterpretasikan bahwa bila variabel proporsi hutan (X_1), Penanaman Modal Dalam Negeri (X_2) dan Jumlah penduduk miskin (X_3) konstan pada nilai nol (0) maka emisi karbon yang terjadi adalah sebesar 15.460.607 ribu ton. Sementara itu bila terjadi peningkatan 1% proporsi hutan (X_1) maka akan menurunkan emisi karbon sebanyak 254421.1 ribu ton dan ini sangat signifikan dalam usaha menurunkan emisi karbon yang terjadi. Hutan berperan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) yang signifikan. Melalui proses fotosintesis, pohon dan tanaman hutan menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomassa (batang, cabang, daun, dan akar). Semakin luas area hutan, semakin besar kapasitas penyerapan karbonnya, yang berarti lebih banyak CO_2 yang dihilangkan dari atmosfer.

Pada persamaan 2 juga bisa dilihat bagaimana pengaruh PMDN terhadap emisi karbon. Jika PMDN (X_2) meningkat sebanyak 1 milyar rupiah maka akan mengurangi emisi karbon sebanyak 2.031638 ribu ton. Hal ini disebabkan oleh kebijakan dan regulasi lingkungan. Pemerintah Indonesia telah memperkenalkan dan menguatkan kebijakan lingkungan yang lebih ketat untuk mengurangi emisi karbon. Ini termasuk aturan terkait emisi industri, pengelolaan limbah, dan pemanfaatan energi yang lebih berkelanjutan. Penegakan regulasi yang lebih ketat dapat mendorong perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi yang lebih bersih untuk mematuhi standar lingkungan yang lebih tinggi. Dengan demikian, hubungan negatif antara PMDN dan emisi karbon di Indonesia pada periode 2000-2022 mencerminkan upaya dan keberhasilan dalam mengadopsi teknologi, kebijakan, dan praktik bisnis yang lebih ramah lingkungan dalam meningkatkan investasi dalam perekonomian nasional.

Jumlah penduduk miskin meningkat 1000 jiwa maka emisi karbon akan berkurang sebanyak 23677.54 ribu ton. Hal ini bertentangan dengan teori yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah penduduk miskin maka akan semakin tinggi emisi karbon yang terjadi. Ketidaksiharian dengan teori ini disebabkan oleh penduduk miskin cenderung memiliki akses terbatas atau tidak memiliki akses sama sekali terhadap sumber energi modern yang menghasilkan emisi karbon tinggi, seperti listrik dari pembangkit listrik fosil atau kendaraan pribadi yang menggunakan bahan bakar fosil. Sebagai gantinya, konsumsi energi mereka mungkin lebih rendah dan berasal dari sumber yang lebih bersih seperti kayu bakar, batu bara ringan, atau bahan bakar tradisional lainnya yang kurang intensif karbon.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variabel proporsi hutan (X_1) berpengaruh dan signifikan terhadap pengurangan emisi karbon
2. Variabel PMDN (X_2) berpengaruh dan signifikan terhadap pengurangan emisi karbon
3. Variabel Jumlah penduduk miskin (X_3) tidak berpengaruh dan tidak signifikan terhadap pengurangan emisi karbon
4. Secara simultan baik variabel proporsi hutan, PMDN maupun jumlah penduduk miskin berpengaruh terhadap pengurangan emisi karbon di Indonesia selama periode pengamatan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk konteks pengurangan emisi karbon di Indonesia:

1. Meningkatkan Proporsi Hutan (X_1): Proporsi hutan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan emisi karbon. Oleh karena itu, penting untuk mempertahankan dan meningkatkan luas hutan yang ada serta menjaga kelestariannya. Kebijakan perlindungan hutan dan penghijauan dapat diperkuat sebagai strategi untuk mengurangi emisi karbon, baik melalui penyerapan CO₂ maupun mencegah degradasi hutan.
2. Mengoptimalkan Program PMDN (X_2): Variabel PMDN yang juga terbukti berpengaruh signifikan terhadap pengurangan emisi karbon menunjukkan pentingnya program-program pengembangan masyarakat dan daerah terpencil. Peningkatan akses terhadap energi bersih dan program pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan dapat mendukung upaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yang merupakan penyumbang besar emisi karbon.
3. Reevaluasi Kebijakan Jumlah Penduduk Miskin (X_3): Meskipun variabel jumlah penduduk miskin tidak terbukti berpengaruh signifikan terhadap pengurangan emisi karbon, hal ini tidak berarti bahwa masalah kemiskinan tidak relevan. Namun, perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk memahami dampak kebijakan penanggulangan kemiskinan terhadap mitigasi perubahan iklim secara lebih holistik. Pendekatan yang terintegrasi antara pengentasan kemiskinan dan pengurangan emisi karbon dapat menjadi fokus bagi kebijakan yang berkelanjutan.
4. Strategi Simultan dan menyeluruh: Karena secara simultan variabel proporsi hutan, PMDN, dan jumlah penduduk miskin berpengaruh terhadap pengurangan emisi karbon, penting untuk mengembangkan strategi kebijakan yang menyeluruh dan terintegrasi. Ini termasuk menguatkan koordinasi antar sektor terkait, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan meningkatkan partisipasi publik serta pihak swasta dalam upaya mitigasi perubahan iklim.

Referensi

- Adi, M. (2023). Analisis Pengaruh Aktivitas Ekonomi terhadap Peningkatan Emisi Karbon: Studi Empiris Empat Negara ASEAN. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 12(2), 187–202.
- Agus, F. (2013). Konservasi Tanah Dan Karbon Untuk Mitigasi Perubahan Iklim Mendukung Keberlanjutan Pembangunan Pertanian Soil and Carbon Conservation for Climate Change Mitigation and Enhancing Sustainability of Agricultural Development. *Pengembangan Investasi Pertanian*, 6(1), 23–33.
- Akbar, R., Amin, M., & Donoriyanto, D. S. (2023). Analisis Perancangan Model Kebijakan Dalam Mengurangi Emisi Karbon Sektor Energi Di Indonesia dengan Pendekatan Sistem Dinamis. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)*, 1(3), 120–130.
- Alviya, I., Muttaqin, M. Z., Salminah, M., Almuhayat, F., & Hamdani, U. (2018). Upaya Penurunan Emisi Karbo Berbasis Masyarakat di Hutan Berfungsi Lindung. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 15(1), 19–37.
- Aprilia, N., Sisdiyanto, E., Islam, U., Raden, N., Lampung, I., & Lampung, K. B. (2024). Green Economy Sebagai Strategi Dalam Menangani Permasalahan Ekonomi. *Jurnal Media Akademik*, 2(4), 3–10.
- Arifin, J. (2025). Budaya Kemiskinan dalam Penanggulangan Kemiskinnann di Indonesia. *Sosio Informa*, 6(02).

- Buana, C. P., & Riayanto, W. H. (2024). Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Urbanisasi dan Konsumsi Energi Listrik Terhadap Degradasi Lingkungan: Bukti dari Negara Asean-5 Cahaya. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 08(01), 40–53.
- Cheng, S. H., Ahlroth, S., Onder, S., Shyamsundar, P., Garside, R., Kristjanson, P., Mckinnon, M. C., & Miller, D. C. (2017). What is the evidence for the contribution of forests to poverty alleviation? A systematic map protocol. *Journal Environmental Evidence*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0088-9>
- Chetachukwu, I., & Kingsley, M. (2021). International Remittances and Private Domestic Investment in Nigeria : A Toda and Yamamoto Causality Approach. *International Journal Of Humanities Social Sciences and Education*, 8(7), 67–76.
- Complex, M. F., & Sumatera, S. (2020). Struktur Tegakan dan Serapan Karbon pada Hutan Sekunder Kelompok Hutan Muara Merang , Sumatera Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*, 8(2), 230–240.
- Endriani, E., & Sunarti, S. (2019). Sekuestrasi Karbon Beberapa Jenis Vegetasi Sebagai Basis Pengembangan Hutan Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Unviversitas Jambi*, 3(2018), 113–125.
- Gourgourinis, A. (2023). Domestic Investment Incentives in International Trade Law. *Journal-World Trade Review*, 97, 1521–1540. <https://doi.org/10.1017/S147474562200043X>
- Irfan, M., Widhanarto, G. O., & Dewantara, I. (2021). Estimasi Cabang Karbon Dari Kegiatan Reklamasi Blok Tambang PT.Citra Mineral Investido, Tbk. Kecamatan Sandai Kabupaten Ketapang Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(3), 354–365.
- Januar, R., Daeli, W., Tobing, S., & Firmansyah, R. (2021). *Hutan Desa Deforestasi Di Indonesia*.
- Kasman, K., Fiza, Z. P., Mukhlizul, H., Bakaruddin, B., & Nora Isnasia, R. (2022). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Industri, Penanaman Modal Asing Dan Kemiskinan Terhadap Emisi Co2 Di Indonesia. *Jurnal Akuntansi Dan Ekonomika*, 12(2). <https://doi.org/10.37859/jae.v12i2.4302>
- Kurnia, A. C. (2018). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi Dan Penanaman Modal Asing Terhadap Emisi Karbondioksida Di Delapan Negara ASEAN Periode 2004-2013. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.7*, 7(1), 2646–2661.
- Nakita, C., & Najicha, F. U. (2022). Pengaruh Defortasi dan Upaya Menjaga Kelestraian Hutan di Indonesia. *Jurnal Lus Civile*, 6(April), 92–103.
- Nursulistyo, E. D., Aryani, Y. A., & Bandi, B. (2023). *The Disclosure of Carbon Emission in Indonesia : A Systematic Literature Review*. 10(1), 1–18.
- Paramithadevi, Y. V., Jannah, N., & Ratnawati, B. (2022). Perkiraan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Tempat Pembuangan Sampah Berbasis Reduce, Reuse, Recycle (3R) Di Kota Bogor. *Urnal Sains Terapan : Wahana Informasi Dan Alih Teknologi Pertanian*, 12(2), 26–36.
- Pratama, A. (2022). Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO 2 Di Indonesia. *Jurnal Ecodemica: Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Bisnis*, 6(1), 1–4.
- Prochazka, P., Kobera, L., Sanova, P., Benes, D., Fink, J., Jiraskova, E., Primasova, S., & Soukupova, J. (2023). Understanding the socio-economic causes of deforestation : a global perspective. *Journal Frontiers In Forests and Global Change*, October, 1–11. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1288365>
- Rahayuningsih, M., Handayani, L., Abdullah, M., Arifin, M. S., & Kunci, K. (2021). Kajian Jejak Karbon (Carbon Footprint) di FMIPA Universitas Negeri Semarang. *Indonesian Journal of Conservation*, 10(1), 48–52. <https://doi.org/10.15294/ijc.v10i1.30038>
- Ridena, S. (2021). Kemiskinan Dan Lingkungan: Perspektif Kemiskinan Di Perkotaan Dan Pedesaan. *Jurnal Litbang Sukowati*, 5(1), 39–48. <https://doi.org/10.32630/sukowati.v5i1.196>
- Setiawan, G., & Syaufina, L. (2016). Estimation of Carbon Stock Loss from Land Use Changes in Bogor Regency. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 07(2), 79–85.
- Silvia, M., Astuti, W., & Rahmayani, D. (2021). Analisis Pengaruh Investasi Langsung Asing Dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Degradasi Lingkungan Di Negara Asean Berpendapatan Menengah.

- Sulaiman, A. (2019). Estimasi Emisi Karbon Hutan Gambut Indonesia berdasarkan Citra Soil Moisture Active Passive Satellite (SMAP) Estimation of Indonesian Peat Forest Carbon Emissions based on Soil Moisture Active Passive (SMAP) Satellite Image. *Jurnal Agromet*, 33(1), 1–7. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.33.1.1-7>
- Tran, H. Van, Tran, A. V., Bui, N., Id, H., Nguyen, T., & Mai, H. (2024). Asymmetric effects of foreign direct investment and globalization on ecological footprint in Indonesia. *Plos One Journal*, 19(1), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297046>
- Verchot, L. V, Petkova, E., Obidzinski, K., Atmadja, S., Yuliani, E. L., & Dermawan, A. (2010). Mengurangi Emisi Kehutanan di Indonesia. *Center for International Forestry Research*, 1–20.
- Wahyuni, H. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.14710/jiip.v6i1.10083>
- Yusri, A. A., Prodi, M., Ilmu, M., Kehutanan, F., Mulawarman, U., Pengajar, S., Silvikultur, J., Kehutanan, F., & Mulawarman, U. (2022). Analisis Kemampuan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Dan Produksi Gas O₂ Di Kota Samarinda. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 8(2), 83–98.