

Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan Ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap emisi gas rumah kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil

Impacts of Energy Utilization, Economic Development, and Forest Area on greenhouse gas emissions in the US, Russia, China, and Brazil

Syekh Muhammad Bayu Aji¹

Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Siliwangi, Negara Indonesia

Ilan Adliawan²

Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Siliwangi, Negara Indonesia

Delisia Ismena Kawahyuning³

Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Siliwangi, Negara Indonesia

ABSTRACT

ABSTRAK

Penelitian ini melihat bagaimana pembangunan ekonomi, jumlah kawasan hutan, dan penggunaan bahan bakar fosil mempengaruhi emisi gas rumah kaca di empat negara G20. Dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif, khususnya analisis data panel, studi ini mengkaji bagaimana penggunaan energi fosil, banyaknya kawasan hutan, serta pertumbuhan ekonomi mempengaruhi emisi gas rumah kaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi fosil secara signifikan mempengaruhi emisi, sementara luas kawasan hutan dan pertumbuhan ekonomi menunjukkan pengaruh tetapi tanpa signifikansi statistik terhadap emisi gas rumah kaca. Selain itu, studi ini menunjukkan bahwa baik konsumsi energi fosil maupun pertumbuhan ekonomi memiliki dampak negatif terhadap emisi gas rumah kaca, yang berarti peningkatan penggunaan energi fosil di negara-negara ini mengakibatkan peningkatan emisi. Sebaliknya, memperluas kawasan hutan di empat negara, agar dapat mengurangi emisi CO₂. Data cross-section dari World Bank dan Our World in Data yang mencakup tahun 2016 hingga 2020 merupakan data yang digunakan. Pemilihan keempat negara G20 ini untuk penyelidikan berasal dari signifikansinya dalam kebijakan ekonomi dan lingkungan global.

Kata Kunci: Penggunaan energi, PDB, jumlah kawasan hutan, dan emisi gas rumah kaca

This study examines how economic growth, the amount of forest cover, and the use of fossil fuels affect greenhouse gas

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 28-11-2023

Direvisi 7-01-2024

Disetujui 24-01-2024

Terpublikasi 31-01-2024

***Korespondensi:**

Nama: Syekh Muhammad Bayu Aji

E-mail:

bayupansa92@gmail.com

***E-ISSN : 2622-6898**

emissions in four G20 countries. Employing a quantitative research method, specifically through panel data analysis, this study examines how fossil energy consumption, forest area, and economic growth affect greenhouse gas emissions. The findings reveal that fossil energy consumption significantly influences emissions, whereas forest area and economic growth exhibit an influence but without statistical significance on greenhouse gas emissions. Furthermore, the study demonstrates that both fossil energy consumption and economic growth have a negative impact on greenhouse gas emissions, implying that increased use of fossil energy in these nations leads to amplified emissions. Conversely, expanding forest areas in these four countries can reduce greenhouse gas emissions. The data used comprises cross-sectional information obtained from the World Bank and Our World in the period from 2016 to 2020. The choice of these four G20 countries for investigation stems from their significance in global economic and environmental policies.

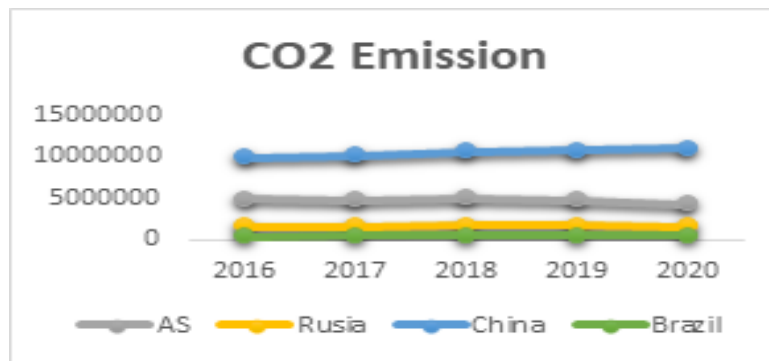
Keywords: *Energy consumption, Economic growth, Forest area, Greenhouse gas emissions*

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan fenomena global yang semakin serius memberikan ancaman pada kelangsungan hidup manusia. Perubahan iklim ialah suatu istilah umum dari dampak lingkungan yang timbul dari penimbunan bahan perusak ozon /GRK di atmosfer bumi (Metcalf, 2019). Berdasarkan pernyataan Menurut Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional (NASA), suhu rata-rata tahunan dari tahun 1951 hingga 1980 adalah 0,85 °C lebih tinggi pada tahun 2021 dibandingkan pada tahun 1951. Suhu permukaan bumi juga dikatakan meningkat sebesar 1,02 °C pada tahun 2020 dan 2016 selama sepuluh tahun terakhir. Stasiun cuaca, kapal, dan sensor yang dipasang pada pelampung maritim di seluruh dunia digunakan untuk memantau dan mencatat suhu ini sepanjang tahun. Data dari Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) satelit Aqua milik NASA, yang mendeteksi emisi radiasi infra merah dari permukaan dan atmosfer bumi, selanjutnya mendukung pembacaan suhu. Terkait kecenderungan kenaikan suhu permukaan bumi akibat aktivitas manusia yang menimbulkan polusi CO₂ (karbon dioksida), NASA menawarkan pandangannya.

Amerika Serikat, Rusia, China dan Brazil merupakan negara besar yang tergabung dalam G20 sebagai forum kerjasama multilateral yang memiliki peran utama untuk ikut serta terhadap penurunan laju perubahan iklim global. Menurut data OECD pada tahun 2019, tingginya angka perekonomian G20 mempengaruhi lebih dari 80% aliran zat perusak ozon di seluruh dunia, dengan pembuangan CO₂ yang berhubungan dengan energi yang mewakili sekitar 80% dari seluruh emisi G20. Meskipun ekspansi ekonomi memberikan banyak dampak baik, termasuk meningkatkan standar hidup dan meningkatkan standar hidup secara global, ekspansi ekonomi juga menyebabkan menipisnya sumber daya alam dan rusaknya ekosistem (Mäler, 2013).

Peningkatan pembuangan bahan perusak ozon biasanya terjadi dikarenakan kegiatan keuangan yang tidak bagus untuk lingkungan. Menurut Stolyarova, pemanfaatan energi dan pengembangan keuangan merupakan variabel pendorong tingkat CO₂ (Osobajo et al., 2020). Diagram di bawah ini menunjukkan arus keluar gas CO₂ di lima negara penting, khususnya Amerika Serikat, Rusia, Cina, dan Brasil, yang mengalami perkembangan yang secara umum akan bervariasi atau tidak merata. Hal ini menunjukkan bahwa masih terjadi penurunan kualitas ekologi di lima negara tersebut.



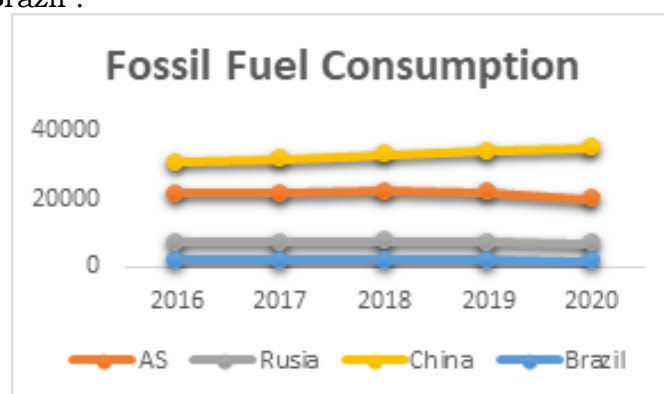
Sumber: Our World In Data, 2023

Gambar 1. Grafik CO2 Emission 2016 - 2020

Informasi dari Our world in data 2022 menunjukkan bahwa Tiongkok memiliki ekspansi besar dalam aliran gas CO₂. Tiongkok memiliki peningkatan yang kritis dari tahun ke tahun dan merupakan penghasil emisi gas CO₂ terbesar di antara negara-negara tersebut. Sementara Brasil memiliki tingkat emisi yang lebih rendah, namun terus berkembang secara konsisten meskipun memiliki tingkat pembuangan yang lebih rendah, Brasil juga telah berkembang dari tahun 2016 hingga 2020.

Angka emisi gas CO₂ yang tinggi di sebagian negara ini menunjukkan bahwa bahan bakar fosil yang memicu pelepasan CO₂ masih berjalan. Salah satu variabel yang diingat untuk menambah ekspansi emisi gas CO₂ adalah energi fosil. Satu lagi yang dikonsentrasikan oleh (Fasikha dan Yuliadi, 2018) menunjukkan bahwa sektor energi adalah penyebab utama polusi dan penurunan kualitas udara. Hal ini menyoroti perlunya tindakan konkret untuk mengurangi emisi gas rumah kaca kelima negara tersebut dan menjaga kualitas lingkungan serta menghadapi tantangan perubahan iklim yang semakin mendesak.

Penggunaan energi fosil (EC) mencakup pemanfaatan sumber daya energi yang sulit di adakan kembali, yaitu energi fosil, untuk memenuhi kebutuhan energi dalam periode waktu yang bervariasi, baik itu jangka pendek maupun jangka panjang. Grafik di bawah ini memperlihatkan volume konsumsi energi fosil di negara Amerika Serikat, Rusia, China dan Brazil :

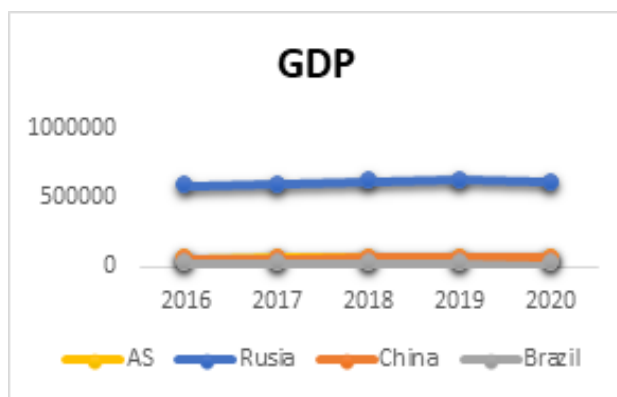


Sumber: Our World In Data, 2023

Gambar 2. Grafik Fossil Fuel Consumptions 2016 - 2020

Grafik menunjukkan bahwa tingkat konsumsi suatu energi fosil di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil mengalami peningkatan. Di China, peningkatan konsumsi energi fosil yang signifikan tetap didorong oleh penggunaan sumber daya energi yang tidak ramah lingkungan, seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara.

Meskipun memiliki dampak negatif pada emisi CO₂, hal ini masih mendukung pertumbuhan ekonomi China, sebagaimana yang disebutkan dalam penelitian (Alanazi et al., 2020). Amerika Serikat juga mengalami peningkatan dalam konsumsi energi fosil antara tahun 2016 dan 2020, menunjukkan ketergantungan pada sumber energi fosil dalam proses pembangunan ekonomi. Di Brasil, pemanfaatan tenaga listrik ramah lingkungan masih terbatas karena tidak adanya bantuan dari otoritas publik dan tidak adanya tenaga kerja yang berbakat dalam mengawasi sumber tenaga listrik yang berkelanjutan. Oleh karena itu, ada kebutuhan yang sangat penting untuk menciptakan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa tingkat konsumsi energi fosil di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil cenderung meningkat, yang mencerminkan tantangan dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan beralih ke sumber energi yang lebih berkelanjutan. Selain itu, Pertumbuhan ekonomi di Amerika Serikat, Rusia, China dan Brazil dilihat dari Produk Domestik Bruto per kapita pada tahun 2016-2020 mengalami perubahan dari tahun ke tahun. (World Bank, 2023).

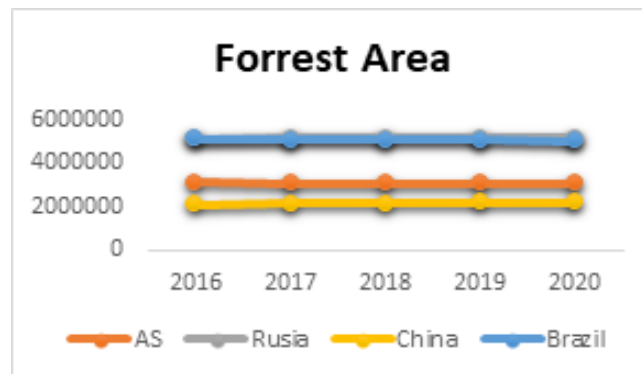


Sumber: World Bank, 2023

Gambar 3. Grafik GDP per Capita 2016 - 2020

Rusia merupakan negara yang memiliki tingkat perkembangan ekonomi lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara lain. Tingkat perkembangan ekonomi yang tinggi pada umumnya akan menunjukkan keadaan moneter yang positif pada suatu negara (Febriyastuti et al., 2021). Tingkat perkembangan ekonomi di sebagian negara tersebut menunjukkan angka yang tinggi dan diperkirakan dalam US\$, jika dilihat dari diagram menunjukkan pola yang meningkat. Perkembangan moneter berperan dalam mengurangi aliran bahan perusak ozon di AS, Rusia, Cina, dan Brasil. Tingkat perkembangan ekonomi yang lebih tinggi di suatu negara, yang diikuti dengan kerusakan ekosistem di masa depan, dapat menyebabkan peningkatan tingkat pembuangan bahan perusak ozon. Perkembangan ekonomi di AS, Rusia, Cina, dan Brasil secara alamiah harus diperhatikan dan harus ditunjukkan dengan inovasi yang tidak berbahaya bagi ekosistem dan mengurangi tingkat aliran CO₂.

Hutan adalah suatu wilayah yang di dalamnya terdapat satu sistem ekosistem dan kekayaan hayati yang didominasi oleh tumbuhan pohon. Komponen alami yang membentuk hutan saling terkait, sehingga ketika keseimbangan ekosistem hutan terganggu, maka hal tersebut dapat mempengaruhi secara menyeluruh seluruh ekosistem di dalamnya. Berikut adalah informasi mengenai luas kawasan hutan di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil.



Sumber: World Bank, 2023

Gambar 4. Grafik Forest Area 2016 - 2020

Hutan-hutan di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil dapat mempengaruhi pembuangan zat yang merusak ozon. Amerika Serikat dan Rusia memiliki luas kawasan hutan yang besar, yang berperan dalam menyerap karbon di atmosfer, mengurangi emisi CO₂. Di sisi lain, China menghadapi tantangan dengan pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan emisi CO₂ dari sektor energi fosil. Pelestarian dan pengelolaan hutan di China dapat membantu mengimbangi emisi ini. Brazil, dengan hutan Amazon yang luas, adalah penyumbang besar dalam mengurangi emisi global. Ancaman terhadap Amazon, seperti deforestasi, dapat menyebabkan pelepasan besar CO₂. Oleh karena itu, pelestarian dan pengelolaan hutan yang berkelanjutan adalah kunci dalam upaya di seluruh dunia untuk mengurangi pembuangan zat-zat yang merusak ozon dan mengatasi perubahan iklim.

Melihat kenyataan yang telah didapat, peneliti merasa bahwa kenyataan tersebut sangat menarik sehingga faktor pemanfaatan energi, perkembangan ekonomi dan daerah pedalaman di negara-negara tersebut menjadi salah satu elemen untuk mengurangi dampak dari pemanfaatan energi, perkembangan ekonomi dan Kawasan hutan tersebut, sehingga dapat memutuskan komitmen mereka terhadap aliran gas CO₂ di negara Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil. Sesuai penelitian (Febriyastuti et al., 2021), pekerjaan dan upaya individu dari suatu negara dalam mengurangi tingkat pelepasan gas CO₂ sangat penting untuk mengurangi atau mencegah efek devosi atmosfer yang berbahaya. Oleh karena itu, pencipta tertarik untuk mengeksplorasi lebih lanjut elemen-elemen yang mempengaruhi dan menahan emanasi pembibitan CO₂ di sebagian negara ini. Alasan eksplorasi ini adalah agar AS, Rusia, Cina, dan Brasil, yang merupakan negara-negara penting di seluruh dunia, dapat mengikuti tujuan mengurangi pelepasan zat perusak ozon CO₂ dengan mengikis faktor-faktor yang menekan aliran keluar zat perusak ozon CO₂, sehingga dapat mempengaruhi negara-negara yang berbeda. Dengan demikian, dalam ulasan ini penyusun mengambil judul "Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap emisi gas rumah kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil: Pendekatan Panel".

Kajian Teori

Emisi karbon dioksida (CO₂) adalah buangan dari penyalaan sumber energi tak terbarukan dan produksi beton, termasuk karbon dioksida yang dikeluarkan selama penggunaan cairan, kuat, uap dan pembakaran tenaga uap (Eurostat, 2022). CO₂ identik adalah pengukuran untuk melihat emanasi dari zat perusak ozon yang berubah mengingat potensi peningkatan suhu di seluruh bumi (GWP). Kegiatan manusia yang memanfaatkan turunan minyak bumi, misalnya batu bara, minyak, dan gas yang mudah terbakar menyebabkan emisi karbon dioksida yang lebih tinggi. Hal-hal lain,

seperti penggundulan hutan, juga dapat menambah peningkatan suhu di seluruh bumi.

Pemanfaatan energi produk minyak bumi masih merupakan sumber energi utama yang digunakan oleh banyak negara. Pemanfaatan energi, misalnya, batu bara, minyak, dan bensin gas telah berubah menjadi pemanfaatan utama di setiap negara. Turunan minyak bumi diproduksi dengan menggunakan sisa-sisa tumbuhan dan makhluk yang tertutup dan membeku dalam rentang waktu yang panjang. Karena titik awal mereka, sumber energi tak terbarukan biasanya memiliki kandungan karbon dioksida yang tinggi (Denchak, 2022). Selain dinegara maju, pertumbuhan ekonomi dinegara berkembang sudah sangat bergantung pada penggunaan energi fosil terutama pada negara yang ingin merubah sistem ekonominya dari sektor pertanian yang berubah menjadi sektor industri (Tirtana, 2022). Bahan bakar fosil sudah menjadi permintaan energi primer global dan sudah menjadi kebergantungan dalam mengonsumsi energi fosil untuk mendukung perekonomian disuatu negara. Hal tersebut didukung oleh data world bank yang menyatakan bahwa sebanyak 80% permintaan global terhadap energi fosil. Batu bara, minyak, dan gas yang mudah terbakar adalah beberapa sumber energi tak terbarukan yang merupakan pendukung terbesar perubahan lingkungan di seluruh dunia. Sumber-sumber tersebut mewakili lebih dari 75% dari aliran bahan perusak ozon di seluruh dunia dan hampir 90% dari seluruh emisi karbon dioksida (Nations, 2022). Pada saat turunan minyak bumi dikonsumsi, kedatangan karbon dioksida dan zat perusak ozon akan menjadi kontaminasi udara yang terjadi dalam jumlah besar. Zat perusak ozon yang memerangkap panas di udara akan menyebabkan perubahan cuaca yang tidak alami yang, jika dibiarkan tidak terkendali, akan memburuk (ClientEarth, 2022). Dengan demikian, pemanfaatan energi produk minyak bumi merupakan bagian mendasar yang mendorong emisi CO₂.

Menurut Harris dan Bug (2021), hutan dihargai karena proses biologis yang melekat di dalamnya, yang kesehatannya mungkin terganggu jika dieksploitasi secara berlebihan. Jika dikelola dengan baik, pepohonan juga dapat berperan penting dalam mitigasi dampak buruk atmosfer. Kemampuan pepohonan dan tumbuhan lain untuk menyimpan karbon dioksida (CO₂) dalam jaringannya sebuah proses yang dikenal sebagai penyerapan karbon merupakan salah satu manfaat hutan dan salah satu ciri khasnya. Jika terjadi kebakaran hutan, karbon dioksida yang diserap oleh hutan akan kembali ke atmosfer. Artinya, jika karbon dioksida (CO₂) diabaikan, hal ini akan mempercepat laju kenaikan suhu global.

(Harris dan Bug, 2021) memahami Hipotesis Tikungan Kuznet Ekologis, khususnya bahwa di suatu negara, efek alamiah dapat meningkat pada fase awal perekonomian namun pada akhirnya dapat berkurang pada tingkat upah tertentu. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Kurniarahma et al., 2018) yang menyatakan bahwa seiring dengan peningkatan perbaikan, eksternalitas yang berbeda akan muncul seperti usaha yang menggunakan bahan sintetis, misalnya untuk sistem pembakaran, inovasi yang tidak berbahaya bagi ekosistem, dan lainnya yang pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas udara yang tidak menguntungkan dan kerusakan alam.

Metode Penelitian

Data

Teknik penelitian yang digunakan adalah pemilahan kuantitatif melalui uji Panel. Data Panel merupakan perpaduan antara *time series* dan *cross section* yang diperoleh dari sumber internet dalam informasi di empat negara, khususnya Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil pada periode 2016-2020 dalam jangka waktu yang panjang dengan menggunakan informasi opsional yang diperoleh dari sumber-sumber web yang dapat diakses. Tabel operasionalisasi variabel digambarkan sebagai berikut.

Tabel 1. Operasionalisasi Variabel

Nama Variabel	Simbol	Satuan Pengukuran	Sumber Data
Emisi Gas Rumah Kaca	CO ₂	Million_t	World Bank
Konsumsi Energi Fosil	EC	Twh	Our World in Data
Pertumbuhan Ekonomi	PE	USD harga konstan	World Bank
Luas Kawasan Hutan	F	Million Ha	World Bank

Selain itu, untuk meneliti dampak dari penggunaan energi fosil, pertumbuhan ekonomi, dan daerah Kawasan hutan terhadap pembuangan zat-zat yang merusak ozon atau emisi CO₂, maka peneliti melakukan uji statistik dengan bantuan alat analisis Eviews 12 serta model regresi data panel yang dapat dibentuk dengan persamaan berikut:

$$CO_2_{it} = \alpha + \beta_1 EC_{it} + \beta_2 PE_{it} + \beta_3 F_{it} + \epsilon_{it} \dots \dots (1)$$

Dimana:

- CO₂ = Emisi Gas Rumah Kaca.
- EC = Konsumsi Energi Fosil.
- PE = Pertumbuhan Ekonomi.
- F = Luas Kawasan Hutan.
- α = Konstanta.
- β_n = Parameter (*slope coefficient*).
- ε = Galat (Error term).
- i = Dimensi *cross section*.
- t = Dimensi *time series*

Teknik Analisis Data

Teknik ini diharapkan dapat menentukan tingkat dampak dari faktor-faktor yang akan dipertimbangkan. Model eksplorasi ini menyinggung kondisi informasi dengan pendekatan kemampuan Cobb-Douglas yang dapat memahami gagasan tentang Pembuangan Bahan Perusak Ozon atau CO₂ sebagai komponen pendukung terhadap variabel terikat. Teknik yang digunakan yang diuraikan dalam penelitian ini adalah model Pooled Least Square (PLS), Fixed Impact Model (FEM), dan Irregular Impact Model (REM) dalam (Tirtana, 2022). PLS terkenal dengan penilaian model dampak umum dasarnya. Metode pemeriksaan ini mengkonsolidasikan informasi lintas area dan deret waktu dalam informasi yang akan ditangani. Perpaduan tersebut selesai untuk melihat model dengan metode kuadrat terkecil (OLS).

Uji Asumsi Klasik

Uji Asumsi Klasik berarti membuat model eksplorasi ini menghasilkan model BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*) atau menghasilkan penelitian dengan hasil yang baik. Pengujian hipotesis akan menghasilkan nilai batas yang tepat jika memenuhi model dalam uji asumsi klasik. Dalam menguji kecurigaan asumsi klasik terhadap informasi yang ada, apa yang harus dilakukan adalah menggabungkan uji normalitas, uji heteroskedastisitas, dan uji multikolinieritas. Uji kenormalan ini bertujuan untuk menguji keterulangan penyampaian informasi yang diperoleh, apakah dalam model yang bermasalah atau tidak, data tersebut tersebar secara teratur atau tidak. Selain itu, uji heteroskedastisitas digunakan untuk menguji apakah dalam informasi terjadi

ketidaksamaan perbedaan dari residual satu persepsi ke persepsi yang lain. Dengan asumsi perubahan yang terjadi adalah homoskedastisitas, maka perlu dilanjutkan dengan uji multikolinieritas yang secara efektif menguji apakah seberapa besar hubungan atau tingginya atau idealnya hubungan antar faktor otonom dalam (Tirtana, 2022).

Koefisien Determinan R

Koefisien ini digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan kemampuan dalam mensurvei dampak dari faktor bebas terhadap variabel terikat. Nilai R² berkisar antara 0 hingga 1. Dimana jika nilainya mendekati 1 maka variabel independent dapat menjelaskan variabel dependent lebih baik (Kaontole, et al., 2012).

Hasil Dan Pembahasan Uji Pemodelan

Tabel 2. Hasil Uji Chow

Effect Test	Statistic	d.f	Prob.
Cross-section F	1050.9353	-3,13	0.0000
Cross-section Chi-square	109.9042	3	0.0000

Sumber : Data diolah, 2023

Dari hasil Uji Chow di atas, F cross-section menghasilkan nilai prob. 0,0000, dan itu menyiratkan bahwa itu lebih rendah dari pada tingkat 0,05 sehingga Model FEM lebih baik digunakan untuk pengujian regresi. Setelah itu dilanjutkan ke pengujian selanjutnya yaitu Uji Hausman untuk melihat apakah model yang terpilih adalah (FEM) *fixed Effect Model* atau (REM) *Random Effect Model*.

Tabel 3. Hasil Uji Hausman

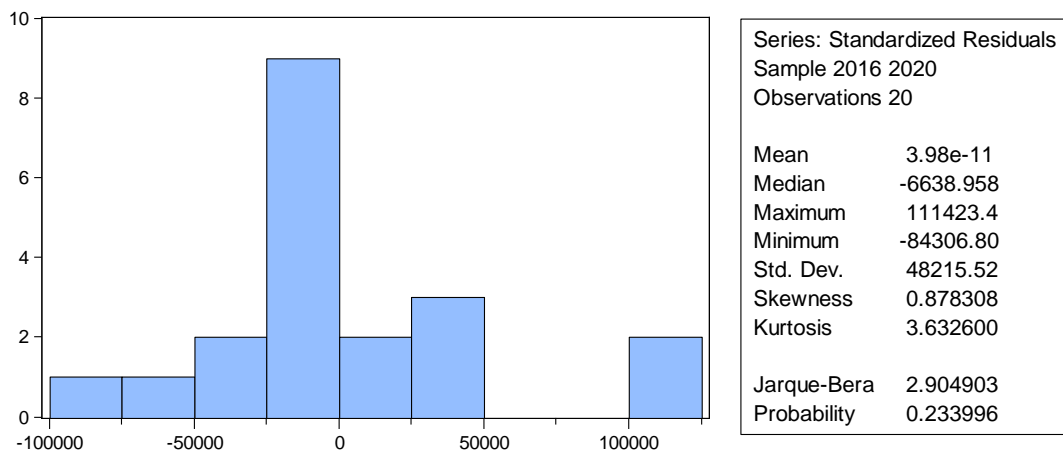
Test.Summary	Chi-sq.Statistic	Chi-sq d.f	Prob.
Cross-section random	3152.8058	3	0.0000

Sumber : Data diolah, 2023

Hasil yang ditunjukkan pada Uji Hausman bahwa *p-value Cross-section random* pada kolom probabiliti sebesar 0.0000 yang lebih kecil dari taraf 0.05 sehingga model terbaik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Fixed Effect Model*. Karena yang terpilih adalah *Fixed Effect Model* maka tidak perlu dilakukan Uji LM Test.

Uji Asumsi Klasik Uji Normalitas

Dalam tinjauan ini, uji kenormalan digunakan untuk melihat apakah suatu variabel memiliki penyebaran yang normal atau tidak. Efek lanjutan dari uji kenormalan diselesaikan dengan menggunakan nilai probability. Jika data yang didapat memiliki nilai probabiliti yang lebih besar dari tingkat 0,05. Kemudian, pada saat itu, data menyebar normal. Adapun hasilnya yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5 Histogram Normalitas

Dari hasil pengujian normalitas yang didapatkan pada tabel uji normalitas nilai *probabilitas* sebesar 0.389895, yang artinya lebih besar dari nilai signifikansi yaitu 5% ($0.233996 > 0.05$) sehingga cenderung beralasan bahwa informasi tersebut biasanya tersebar normal.

Uji Heteroskedastisitas

Tinjauan ini mengarahkan uji heteroskedastisitas untuk memutuskan apakah dalam model terjadi ketidakseimbangan perbedaan dari residual satu persepsi ke persepsi yang lain. Dalam pengujian ini dengan melihat nilai prob. Hasil yang menyertainya ada pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Variabel Dependent Variabel: RESABS	Prob.
C	0.4288
EC	0.9092
LogPE	0.1548
LogF	0.3912

Sumber : Data diolah, 2023

Hasil pengujian multikolinearitas didapatkan *p-value* dari variable Konsumsi Energi Fosil (EC) sebesar 0.9092, *p-value* dari variable Luas Kawasan Hutan (LogF) sebesar 0.3912, dan *p-value* dari variabel Pertumbuhan Ekonomi (LogPE) sebesar 0.1548 yang mana ketiganya lebih besar dari taraf α (0.05). Maka dapat disimpulkan bahwa data pada penelitian ini tidak terdapat masalah heteroskedastisitas.

Uji Multikolinearitas

peneliti melakukan pengujian multikolinieritas berfungsi untuk melihat hubungan/keterkaitan antara satu faktor bebas dengan faktor bebas lainnya. pengujian multikolinieritas dilakukan dengan menggunakan korelasi antar variabel atau *matrix correlation* di mana dengan asumsi nilai korelasi antar faktor bebas di

bawah 0,80, maka dapat disimpulkan bahwa antar faktor bebas tersebut tidak terjadi multikolinieritas.

Tabel 6. Hasil Uji Multikolinieritas

variabel independent	Correlation
EC-LogPE	-0.089359
EC-LogF	-0.981342
LogF-LogPE	0.258473

Sumber : Data diolah, 2023

Dari hasil pengujian multikolinieritas yang didapatkan pada tabel uji multikolinieritas diatas menunjukkan bahwa korelasi antar variabel bebasnya (x-nya) sebesar -0.352543, -0.977441 dan 0.525005 yang kurang dari 0,80, maka dapat disimpulkan data tersebut tidak terdapat multikolinieritas.

Regresi Data Panel

Dari konsekuensi penentuan model yang tepat dalam penelitian ini menggunakan pendekatan model (FEM). Hasil data dengan menggunakan FEM digambarkan pada tabel terlampir.

Tabel 7. Hasil Regresi Berganda

Variabel Dependent Variabel: CO2	Coefficient	Prob.
C	1.22E+08	0,0718
EC	291.1353	0.0000
LogPE	915687.2	0.0310
LogF	-8800430	0.0607
F-Statistic		14710,4
Prob-F (Statistic)		0.000000
R-squared		0.999853
Adjusted R-squared		0.999785

Sumber : Data diolah, 2023

Berdasarkan dari hasil uji model regresi data panel, maka persamaan regresi diperoleh sebagai berikut ini :

$$CO_2 = 1.22E+08 + 291.1353EC + 915687.2LogPE - 8800430LogF + eit$$

Dari hasil di atas memberikan nilai tetap sebesar 1,22E+08, dan hal ini menunjukkan bahwa jika penggunaan energi fosil, pertumbuhan ekonomi, dan wilayah hutan bernilai 0, maka nilai dampak co2 sebesar 1,22E+08. Nilai regresi konsumsi energi fosil bernilai positif berarti apabila konsumsi energi fosil meningkat maka dapat meningkatkan efek gas rumah kaca. Nilai regresi variabel pertumbuhan ekonomi bernilai positif berarti apabila pertumbuhan ekonomi meningkat maka dapat meningkatkan efek gas rumah kaca. Nilai variabel luas Kawasan hutan bernilai negatif maka jika luas Kawasan hutan meningkat dapat menurunkan efek gas rumah kaca.

Uji t

Para peneliti mengarahkan uji t untuk melihat besarnya pengaruh yang dimiliki oleh setiap faktor bebas terhadap variabel terikat. Ukuran untuk uji ini adalah dengan tingkat keyakinan 95% atau tingkat $\alpha = 0,05$. Jadi, jika nilai probabilitasnya $< 0,05$, maka faktor bebas tersebut memberikan pengaruh yang sangat besar. Sebaliknya, jika nilai prob. $> 0,05$, maka tidak berpengaruh besar terhadap variabel terikat.

Tabel 8. Hasil Uji t

Variabel Dependent Variabel: CO2	t-Statistic	Prob.
C	1.959648	0.0718
EC	10.29386	0.0000
LogPE	2.418402	0.0310
LogF	-2.053332	0.0607

Sumber : Data diolah, 2023

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai probabilitas variabel konsumsi energi fosil (EC), variabel pertumbuhan ekonomi (logPE) memiliki dampak yang luar biasa dengan alasan bahwa nilai probabilitas berada di bawah taraf 0,05. Sedangkan variabel luas Kawasan hutan tidak signifikan karena nilai probabilitas lebih tinggi dari taraf signifikan 0.05.

Uji F

Uji F digunakan untuk menunjukkan dampak dari faktor bebas terhadap variabel dependen secara bersama-sama (pada waktu yang sama) dalam (Tirtana, 2022). Sedangkan ukuran untuk uji ini harus terlihat dari hasil prob(Fstatistic). Jika nilai Prob(Fstatistic) lebih kecil dari 5% pada saat yang sama, maka faktor bebas berpengaruh terhadap variabel terikat. Di sisi lain, jika nilai Prob-F (Pengukuran) lebih besar dari 5%, maka tidak ada pengaruh yang simultan (Bersama)

Tabel 9. Hasil Uji F

Effects.Specification	
Indicator	Value
F-statistic	14710.40
Prob(F-statistic)	0.000000

Sumber : Data diolah, 2023

Dari informasi pada tabel uji f menunjukkan nilai Prob (F-measurement) sebesar 0.000000 yang tidak tepat berada pada level 0.05. Hal ini dapat disimpulkan bahwa variabel Pemanfaatan Energi Fosil, Luas Wilayah, dan pertumbuhan ekonomi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca.

Koefisien Determinan (R²)

Koefisien determinasi (R²) adalah uji yang ditujukan untuk menentukan seberapa jauh kemampuan model ini dalam menerangkan variasi variabel dependen.

Hal ini ditunjukkan dengan melihat koefisien determinasi R-squared pada uji kekambuhan.

Tabel 10. Hasil Uji Koefisien Determinan (R²)

Variabel Dependent Variabel: CO2	Prob.
R-squared	0.999853
Adjusted R-squared	0.999785

Sumber: Data diolah, 2023

Dari informasi pada tabel uji koefisien determinan (R²), nilai Adjusted R-squared sebesar 0.999785, dan hal ini mengimplikasikan bahwa faktor Pemanfaatan Energi Fosil, Luas Wilayah Hutan, dan Perkembangan Ekonomi dapat mempengaruhi emisi co2 sebesar 99%, sedangkan sisanya sebesar 1% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam tinjauan ini.

Pembahasan

Dampak Penggunaan Energi Fosil terhadap Emisi co2

Berdasarkan hasil yang telah diukur, dapat dilihat bahwa pemanfaatan energi fosil menjadi peran yang signifikan dalam meningkatkan tingkat emisi gas rumah kaca di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Tsandra (2021) yang mengeksplorasi dampak serupa pada negara-negara G20. Penelitian ini menyoroti fakta bahwa keempat negara ini masih sangat mengandalkan bahan bakar fosil sebagai sumber utama energi. Penggunaan bahan fosil disini membawa dampak pada perluasan pembuangan zat-zat yang merusak ozon serta menambah kerusakan alam secara umum.

Temuan penelitian ini diperkuat oleh hasil penelitian Mardani (2018) yang mengungkapkan bahwa penggunaan bahan fosil mengakibatkan pelepasan gas rumah kaca, khususnya CO₂, ke atmosfer, yang pada gilirannya menyebabkan perubahan iklim global yang berkelanjutan. Implikasi dari analisis ini secara konsisten mendukung pandangan bahwa kontribusi bahan bakar fosil terhadap emanasi zat perusak ozon adalah salah satu pendorong utama perubahan lingkungan yang terus berlangsung (Mardani, 2018).

Selain itu, penelitian yang dilakukan Lu (2017) pada 16 negara di wilayah Asia Tenggara juga mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi energi sebesar 1% dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca sebesar 0.87%. Hal ini menggarisbawahi dampak signifikan dari konsumsi energi terhadap tingkat emisi gas rumah kaca, dan temuan ini relevan dengan konteks global serta spesifik untuk negara-negara di wilayah Asia Tenggara. Sebagai hasilnya, penelitian ini memperkuat urgensi untuk mengganti sumber energi fosil dengan opsi yang lebih mudah dikelola untuk mengurangi konsekuensi yang merugikan pada perubahan iklim (Lu, 2017).

Dampak Wilayah Hutan terhadap emisi co2

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa luas kawasan hutan memberikan dampak positif terhadap emisi gas rumah kaca, menandakan bahwa parameter ini dapat mengurangi tingkat emisi co₂. Hasil temuan ini sejalan dengan riset yang dilakukan oleh Fauzi (2017), yang menyatakan bahwa kawasan hutan memegang peran penting sebagai salah satu variabel yang dapat mereduksi tingkat emisi co₂ di atmosfer.

Oleh karena itu, peningkatan persentase wilayah hutan berhubungan dengan penurunan jumlah emisi co2 yang dihasilkan.

Menjaga dan meningkatkan luas kawasan hutan menjadi suatu keharusan yang penting dalam rangka mengatasi dan menghentikan laju deforestasi yang terus berlanjut. Sektor kehutanan diakui sebagai elemen kunci dalam upaya mitigasi terhadap degradasi lingkungan. Oleh karena itu, dengan melalui tindakan pemeliharaan dan ekspansi kawasan hutan, dampak positif dapat dicapai untuk keempat negara yang sedang diselidiki. Langkah-langkah ini tidak hanya berdampak pada berkurangnya pembuangan zat perusak ozon, melainkan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan. Dalam konteks ini, Temuan ini sesuai dengan konsekuensi dari eksplorasi di Malaysia yang dipimpin oleh Begum (2020), yang menunjukkan bahwa penurunan luas kawasan hutan (deforestasi) memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Temuan ini memberikan dukungan lebih lanjut terhadap urgensi pelestarian dan pelebaran kawasan hutan sebagai solusi efektif dalam menangani isu perubahan iklim (Begum, 2020).

Luas kawasan hutan perkotaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon dioksida. Hutan perkotaan memiliki kapasitas untuk menyimpan dan menelan karbon dioksida dari udara, sehingga membantu mengurangi aliran karbon dioksida ke lingkungan. Rowntree (1991) berpendapat bahwa luas kawasan hutan perkotaan yang besar dapat berkontribusi secara signifikan dalam mengurangi emisi karbon dioksida (Roewntree, 1991).

Dampak Perkembangan Ekonomi terhadap Emisi co2

Data statistik menunjukkan bahwa perkembangan ekonomi berpengaruh terhadap emisi co2 di Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil. Dinamika ini dipicu oleh pertumbuhan ekonomi yang mendorong perkembangan infrastruktur dan sektor transportasi. Akibatnya, secara tidak langsung, peningkatan ini dapat mengakibatkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, yang pada gilirannya akan meningkatkan emisi gas rumah kaca. Temuan Hal ini sesuai dengan konsekuensi dari tinjauan tersebut Tsandra dan kelompoknya (2021), yang menyatakan bahwa perkembangan ekonomi dapat mendukung ekspansi penciptaan barang dagangan di suatu negara, yang kemudian menambah ekspansi pembuangan bahan perusak ozon yang dilepaskan ke lingkungan. Hasil ini konsisten dengan temuan penelitian oleh Wen-Cheng Lu (2017), yang menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi sebesar 1% dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca sebesar 0.22% di negara-negara Asia Tenggara. Selain itu, penelitian Khobai (2017) juga mendukung temuan tersebut dengan menegaskan bahwa semakin tinggi tingkat perkembangan ekonomi, semakin emisi karbon dioksida juga tinggi. Oleh karena itu, perhatian terhadap dampak lingkungan yang terkait dengan penggunaan energi menjadi sangat penting untuk dilakukan (Khobai, 2017).

Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwasannya Konsumsi Energi Fosil dan Pengembangan ekonomi memiliki efek yang signifikan, sementara Luas Kawasan Hutan memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap Emisi Gas Rumah Kaca. Lebih lanjut, penelitian ini mengungkapkan bahwa variabel Konsumsi Energi Fosil dan Pertumbuhan Ekonomi memiliki dampak negatif terhadap Emisi Gas Rumah Kaca, yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi penggunaan energi fosil dalam suatu negara, semakin tinggi pula tingkat Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan. Sebaliknya, peningkatan luas Kawasan Hutan di keempat negara tersebut dapat mengakibatkan penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan diskusi sebelumnya, penulis merekomendasikan kepada pemerintah agar tetap fokus pada dan menjaga target penurunan emisi gas rumah kaca, terutama CO₂. Langkah-langkah yang dapat diambil melibatkan peningkatan pemanfaatan energi baru, mendukung kegiatan perekonomian yang mementingkan aspek lingkungan hidup, serta melindungi dan mencegah deforestasi dengan memperluas luasan kawasan hutan.

Untuk mencapai tujuan ini, pertumbuhan ekonomi di keempat negara G20 terpilih, yaitu Amerika Serikat, Rusia, China, dan Brazil, harus diarahkan agar dapat meminimalkan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Maka dari itu, sangat diperlukan segera bagi negara-negara yang telah disebutkan untuk beralih ke penggunaan energi terbarukan atau energi yang ramah lingkungan, sambil tetap mengupayakan peningkatan pertumbuhan ekonomi tanpa terus menggunakan emisi gas CO₂. Kebijakan-kebijakan tersebut harus dirancang dan diimplementasikan tanpa menghambat pertumbuhan ekonomi dan pola penggunaan energi di masyarakat.

Daftar Pustaka

- Alanazi. (2020). Estimating the impact of energy consumption on carbon emissions using environmental kuznets curve. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 608–614.
- Begum, R. A. (2020). Dynamic Impacts of Economic Growth and Forested Area on Carbon Dioxide Emissions in Malaysia. *sustainability*, doi:10.3390.
- ClientEarth. (2022). Fossil Fuels and Climate Change: the facts. <https://www.clientearth.org/latest/latest-updates/stories/fossil-fuels-and-climate-change-the-facts/#:~:text=When fossil fuels are>
- Denchak. (2022). Facts, Fossil Fuels: The Dirty. <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts#sec-whatis>
- Eurostat. (2022). Glossary: Carbon Dioxide Equivalent. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide
- Fauzi. (2017). Pengaruh Konsumsi Energi, Luas Kawasan Hutan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi CO₂ di 6 (Enam) Negara Anggota ASEAN : Pendekatan Analisis Data Panel 2 Effects of Energy Consumption. *Forest Areas and Economic Growth toward CO₂ emissions in 6 (six) ASEAN*, 11(1), 1–52.
- Febriyastuti Widyawati, R. H. (2021). Pengaruh pertumbuhan ekonomi, populasi penduduk kota, keterbukaan perdagangan internasional terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) di negara asean. 3(1), 37–47.
- Harris, J. M. (2021). *Environmental and Natural Resource Economics*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003080640>.
- Kaontole, F. J. (2012). Pengaruh Belanja Langsung Dan Belanja Tidak Langsung Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Manado. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 1(2), 76–84.
- Khobai, H. (2017). The Relationship between Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Dioxide Emission: The Case of South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2146-4553.
- Kurniarahma, L. L. (2018). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Co₂ di Indonesia (Analysis of Factors Affecting Co₂ Emissions in Indonesia). 2.
- Lu, W.-C. (2017). Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis for 16 Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ijerph14111436.

- Mäler, K. G. (2013). Economic Growth and the Environment. Encyclopedia of . *Biodiversity; second edition*, 23585, 25-30.
- Mardani. (2018). Energy Consumption, Economic Growth, and CO2 Emissions in G20 Countries: Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *energies*, 11,2771.
- Metcalf. (2019). On the Economics of a Carbon Tax for the United States. *Brookings Papers on Economic Activity*, 405–484.
- Osobajo, O. A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19), 1–16.
- Roewntree, R. A. (1991). QUANTIFYING THE ROLE OF URBAN FORESTS IN REMOVING ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE. *Journal of Arboriculture*, 17(10).
- Tirtana, D. (2022). Potensi Pertumbuhan Ekonomi di Pulau Jawa dan Bali. *WELFARE Jurnal Ilmu Ekonomi*, 3(2), 148–157.
- Tsandra, N. A. (2021). Pengaruh Konsumsi Energi dan Aktivitas Ekonomi Terhadap Emisi CO2 di Negara G20 (The Effect of Energy Consumption and Economic Activity on CO2 Emissions in . 10(2), 69–79.
- Yuliadi, F. d. (2018). Analisis Pengaruh Perubahan Lingkungan Terhadap Pendapatan Per Kapita di Negara-Negara Asean Periode 2005-2015. *Journal of Economics Research and Social Sciences*, 2(1), 34–43.