ANALISIS EKONOMI NEGARA BRICS TERHADAP EMISI KARBONDIOKSIDA (CO_2)

SKRIPSI

Oleh :

Nama	: Tsaqifu Mu Tashim
Nomor Mahasiswa	: 20313160
Program Studi	: Ekonomi Pembangunan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS BISNIS DAN EKONOMIKA

2024

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini telah ditulis dengan sungguh-sungguh dan tidak ada bagian yang dapat dikategorikan dalam tindakan plagiasi seperti dimaksud dalam buku pedoman penulisan skripsi Program Studi Ekonomi Pembangunan FBE UII. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Februari 2024

Telah disetujui dan disahkan oleh

Penulis,



Tsaqifu Mu Tashim

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS EKONOMI NEGARA BRICS TERHADAP EMISI KARBONDIOKSIDA (CO_2)

Nama	: Tsaqifu Mu Tashim
Nomor Mahasiswa	: 20313160
Program Studi	: Ekonomi Pembangunan

Yogyakarta, 15 Februari 2024

Telah disetujui dan disahkan oleh

Dosen Pembimbing,

Dra. Ari Rudatin M.Si

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI

SKRIPSI BERJUDUL

ANALISIS EKONOMI NEGARA BRICS TERHADAP EMISI KARBONDIOKSIDA (CO2)

Disusun oleh : TSAQIFU MU'TASHIM

Nomor Mahasiswa 20313160

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus
pada hari, tanggal: Jum'at, 08 Maret 2024

Penguji/Pembimbing Skripsi : Dra. Ari Rudatin, M.Si. .....

Penguji : Heri Sudarsono, SE.,MEc .....

Mengetahui
Dekan Fakultas Bisnis dan Ekonomika
Universitas Islam Indonesia

Johan Arifin, S.E., M.Si., Ph.D.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya skripsi ini penulis selesaikan dengan lancar dan baik. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi agung Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Penulisan skripsi ini penulis persembahkan:

Kepada kedua orang tua saya, Bapak Pujiono dan Ibu Purwanti serta seluruh saudarasaya Fakkarul Amri Rozin Muddhofar dan Fawwaz Musyafa yang memberikan semangat, dukungan dan doa penulis tiada henti.

Untuk sahabat dan teman-teman sayang yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang hadir dalam mendukung, mendoakan, dan semangat serta memberi saran pada mencapai tujuan hidup saya.

Dan tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikirin untuk memberi pengarahan dalam menyusun skripsi ini dan dapat terselesaikan dengan baik.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya skripsi inipenulis selesaikan dengan lancar dan baik. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi agung Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Alhamdulillah atas izin Allah skripsiberjudul **"Analisis Ekonomi Negara BRICS Terhadap Emisi Karbondioksida (CO2)"** dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Penelitian ini dilaksanakan sebagai prasyarat dalam memperoleh gelar Sarjana S1 pada Fakultas Bisnis dan Ekonomika Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan skripsi ini sulit tanpa bantuin dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Johan Arifin, S.E., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Bisnis dan Ekonomika Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Abdul Hakim, S.E., M.Ec., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Ekonomi Pembangunan Fakultas Bisnis dan Ekonomika Universitas Islam Indonesia
3. Ibu Dra Ari Rudatin M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan pengarahan dalam menyusun hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Pujiono dan Ibu Purwanti serta seluruh saudara saya Fakkarul Amri Rozin Muddhofar dan Fawwaz Musyafa yang memberikan semangat, dukungan dan doa penulis tiada henti
5. Sahabat saya dari Kos Teletubbies, Fiqhsar, Imron Ismail, Satria Hanggar yang selalu memberikan semangat dan doa untuk penulis menyelesaikan skripsi ini.

Serta pihak lain yang tidak mungkin disebutkan satu-persatu atas bantuannya secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu,kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta,

Tsaqifu Mu Tashim

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI ii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR LAMPIRAN vii

ABSTRAK 1

BAB I PENDAHULUAN 2

1.1 Latar Belakang 2

1.2 Rumusan Masalah 11

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian 11

1.3.1 Tujuan Penelitian 11

1.3.2 Manfaat Penelitian 11

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 13

2.1 Kajian Pustaka 13

2.2 Landasan Teori 16

2.3 Hubungan Antar Variabel 24

2.3.1 Hubungan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi Karbondioksida 24

2.3.2 Hubungan *Foreign Direct Investment* (Investasi Asing Langsung) Terhadap Emisi Karbondioksida 25

2.3.3 Hubungan Populasi Penduduk Terhadap Emisi Karbondioksida 25

2.3.4 Hubungan Kawasan Hutan Terhadap Emisi Karbondioksida 26

2.3.5 Hubungan Konsumsi Energi Terhadap Emisi Karbondioksida 27

2.4 Hipotesis Penelitian 28

2.5 Kerangka Penelitian 28

BAB III METODE PENELITIAN 30

3.1 Jenis dan Cara Pengumpulan Data 30
3.1.1 Jenis Data 30
3.1.2 Cara Pengumpulan Data 30
3.2 Definisi Variabel Operasional 30
3.3 Metode Analisis 32
3.3.1 Model Regresi Data Panel 33
3.3.1.1 *Common Effect Model* 34
3.3.1.2 *Fixed Effect Model* 34
3.3.1.3 *Random Effect Model* 35
3.3.2 Pemilihan Model Regresi 35
3.3.2.1 Uji *Chow* 35
3.3.2.2 Uji Hausman 36
3.3.2.3 Uji *Lagrange Multiplier* (LM) 37
3.3.3 Uji Hipotesis 38
3.3.3.1 Uji Simultan (Uji F) 38
3.3.3.2 Uji t-statistik 39
3.3.3.3 Koefisien Determinasi 39
BAB IV HASIL DAN ANALISIS 41
4.1 Deskripsi Data Penelitian 41
4.2 Pemilihan Model Regresi 42
4.3 Estimasi Model *Fixed Effect* 44
4.4 Analisis Ekonomi 48
BAB V SIMPULAN DAN IMPLIKASI 51
5.1 Simpulan 51
5.2 Implikasi 52

DAFTAR PUSTAKA 54

LAMPIRAN 57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data 33
Tabel 2. Statistik Deskriptif 41
Tabel 3. Pendekatan Model Regresi Data Panel 42
Tabel 4. Uji Lagrange Multiplier 42
Tabel 5. Uji Chow 43
Tabel 6. Uji Hausman 43
Tabel 7. Model Regresi Terpilih (*Fixed Effect*) 44
Tabel 8. Koefisien Intersep *Cross Effect* 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. CO2 *emissions world* (*metric tons per capita*) 4
Gambar 2. CO2 *emissions* (*metric tons per capita*) 5
Gambar 3. GDP,PPP (*current international* $) 6
Gambar 4. *Foreign direct investment, net* (BoP, current US$) 7
Gambar 5. *Population, total* 8
Gambar 6. *Forest Area* (sq. km) 9
Gambar 7. *Energy Use Per Person* (kWh) 10
Gambar 8. *Environmental Kuznets Curve* (EKC) 19
Gambar 9. Kerangka Penelitian 29
Gambar 10. *Cross Effect* 48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Variabel 57
Lampiran 2. Statistik Deskriptif Data 62
Lampiran 3.Common Effect Model 62
Lampiran 4. Uji Lagrange Multiplier 63
Lampiran 5. Fixed Effect Model 64
Lampiran 6. Uji Chow 65
Lampiran 7. Hasil Estimasi Model 66
Lampiran 8. Cross Section Effect 66

ABSTRAK
ANALISIS EKONOMI NEGARA BRICS TERHADAP EMISI KARBONDIOKSIDA (CO2)

Oleh
TSAQIFU MU TASHIM

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aspek kegiatan ekonomi seperti *Gross Domestic Product* (GDP), *Foreign Direct Investment* (FDI), Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* terhadap Emisi Karbondioksida. Obyek penelitian ini terdiri dari lima negara BRICS yang mencakup (Brazil, Russia, India, China, dan South Afrika) periode 1994 sampai 2020. Metode analisis menggunakan model *Fixed Effect* dengan regresi panel yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Gross Domestic Product* (GDP), *Foreign Direct Investment* (FDI), populasi penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* terhadap emisi karbon dioksida. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa, *Gross Domestic Product, Foreign Direct Investment*, Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *energy use* berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida secara bersamaan. Variabel *Gross Domestic Product, Foreign Direct Investment*, *Forest Area*, dan *Energy Use* masing masing berpengaruh signifikan terhadap Emisi Karbondioksida, sedangkan variabel populasi penduduk tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida.

Kata Kunci : *Emisi Karbondioksida, Gross Domestic Product (GDP), Foreign Direct Investment (FDI), Populasi Penduduk, Forest Area, dan Energy Use*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

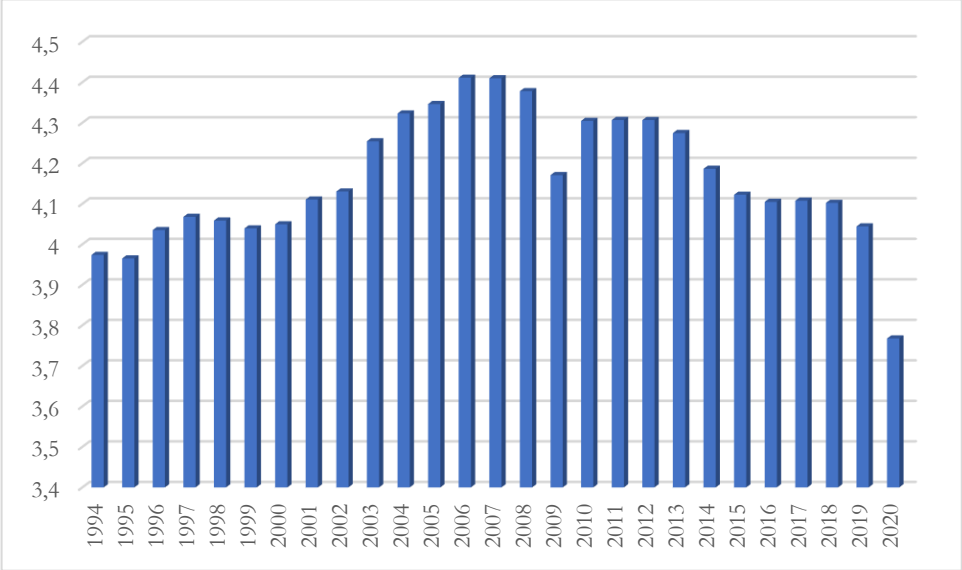
Dalam jangkauan internasional pada era globalisasi, pertumbuhan ekonomi yang pesat menimbulkan ketergantungan energi fosil untuk menunjang pondasi di berbagai sektor kegiatan manusia. Peningkatan aktivitas ekonomi, meskipun berkontribusi terhadap perkembangan manusia seringkali sejalan dengan peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbondioksida (CO2). Hubungan yang kompleks antara kegiatan ekonomi dan emisi CO2 menjadi fokus dalam keberlanjutan lingkungan. Sebagian besar kegiatan ekonomi masih mengabaikan masalah lingkungan baik dari segi mikro ekonomi ataupun mikro ekonomi. Secara garis besar teori ekonomi tidak menganggap masalah lingkungan menjadi ancaman bagi kehidupan. Cuaca ekstrem, perubahan iklim yang tidak menentu, udara yang semakin panas, bencana kebakaran hutan semakin marak serta aktivitas manusia yang berhubungan dengan pembuangan gas karbondioksida merupakan sebab dari adanya pemanasan global.

Hubungan internasional dari berbagai sudut dunia menjadikan *Foreign Direct Invesment* aktor utama dalam peta ekonomi global. *Foreign Direct Invesment* menjadi kekuatan penggerak utama ekonomi suatu negara. Perbedaan sumber daya alam menjadi alasan utama dalam bekerja sama menunjang pemanfaatannya. Beberapa negara yang miskin akan sumber daya alam seringkali menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi, membawa masuk modal, teknologi, dan praktik manajemen baru kepada negara yang memiliki sumber daya alam yang memadai. Kerja sama yang dilakukan demi memenuhi kebutuhan suatu negara dengan *Foreign Direct Invesment* menjadi konsentrasi penting terhadap peningkatan industri. Peningkatan industri akibat *Foreign Direct Invesment* menjadi penyebab utama peningkatan emisi karbondioksida (CO2).

Peningkatan populasi akibat adanya urbanisasi dari berbagai dunia telah menyebabkan peningkatan mobilitas penduduk, terutama menggunakan kendaraan bermotor. Mobilisasi ini bertujuan untuk mendukung kehidupan kota yang dinamis, akan tetapi sering menggunakan sumber daya energi fosil. Transportasi pribadi maupun umum memberikan kontribusi besar terhadap emisi CO2 sebab kendaraan yang digunakan masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber daya utama.

Penurunan luas hutan yang terjadi menjadi faktor meningkatnya emisi karbondioksida, sebab hutan berperan sebagai penyerab karbon yang besar dan menyimpan karbon dalam biomassa dan tanah. Dari segi ekonomi, penurunan hutan disebabkan oleh permintaan lahan guna Pembangunan infrastruktur, pemukiman, dan industri. Pada umumnya proses ini melibatkan perubahan penggunaan lahan yang mengeluarkan karbon ke atmosfer. Dalam menunjang kegiatan ekonomi seringkali pengelolaan hutan tidak berkelanjutan. Penebangan liar dan praktik-praktik yang merusak ekosistem hutan menyebabkan penurunan luas hutan.

Pertumbuhan ekonomi selalu diiringi oleh peningkatan konsumsi energi fosil, seperti batu bara, minyak, dan gas. Sektor ekonomi hampir sebagian besar mengandalkan sumber daya ini untuk memenuhi kebutuhan energi mereka dimulai dari kegiatan industri ,transportasi, dan pembangkit listrik. Dari berbagai energi yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan manusia sering kali energi fosil menjadi penyumbang utama dalam meningkatnya emisi CO2. Penambahan kebutuhan energi untuk mendukung aktivitas ekonomi yang semakin hari semakin krusial dalam penggunaan besar besaran secara langsung tekait dengan peningkatan *Energy Use* berupa bahan bakar fosil, yang mengakibatkan tumbuhnya emisi karbondioksida. Emisi karbon tumbuh akibat adanya *foreign direct investment* dalam pemodalan suatu industri, *Energy Use* yang dilakukan setiap mobilitas manusia, dan kualitas hutan yang semakin menurun menyebabkan efek buruk bagi manusia. Emisi karbon akibat pemanasan global menjadi konsentrasi serius bagi negara-negara dengan populasi penduduk yang tinggi dan menciptakan kegiatan ekonomi yang besar.



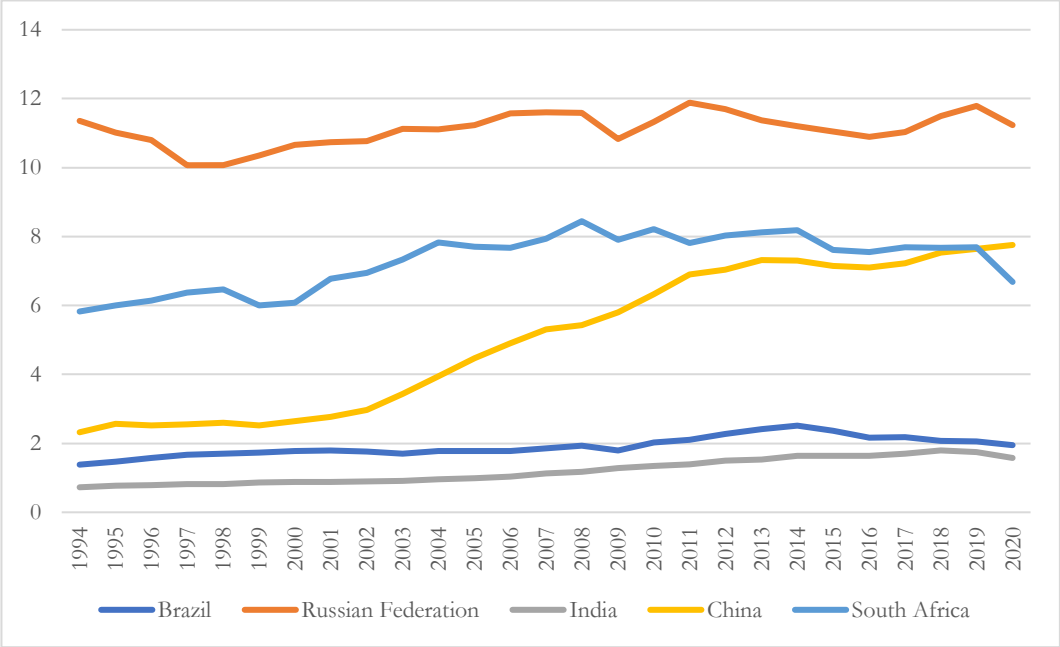
Sumber : *World Bank*, 2022 (data diolah)

Gambar 1. CO2 Emission World (metric tons per capita)

Perkembangan emisi karbondioksida dari tahun 1994 hingga 2007 cenderung mengalami *trend* akan tetapi selama krisis ekonomi global pada 2008-2009, emisi karbondioksida mengalami penurunan akibat lambatnya aktivitas industri dan produksi global. Kesadaran akan perubahan iklim terjadi pada tahun 2010-an yang dimana banyak negara mulai membuat kebijakan energi terbarukan, energi bersih, dan efisiensi energi demi mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil. Krisis kesehatan global yang terjadi pada tahun 2020 menjadikan pemerintah memiliki konsentrasi serius terhadap memperlambat penyebaran virus. Dalam melakukan pelambatan penyebaran virus pemerintah meningkatkan prosi *Energy Use* yang awalnya 5% pada pertengahan maret menjadi 50% pada pertengahan april di beberapa negara Eropa dan Amerika Serikat.

Isu pemanasan global menciptakan kesadaran internasional terutama kelompok negara besar BRICS, beberapa negara mulai fokus dalam menangani emisi CO2 dan gas rumah kaca yang berbahaya lainnya. Adanya integrasi antar negara yang dimana setiap negara beraliansi untuk menunjang kegiatan ekonomi seperti negara negara BRICS (Brazil, Russia, India, China, dan *South Africa*). Dengan populasi penduduk yang besar dan pertumbuhan ekonomi yang pesat tentu adanya penurunan kualitas lingkungan dan meningkatnya emisi karbondioksida. Fokus pembahasan emisi

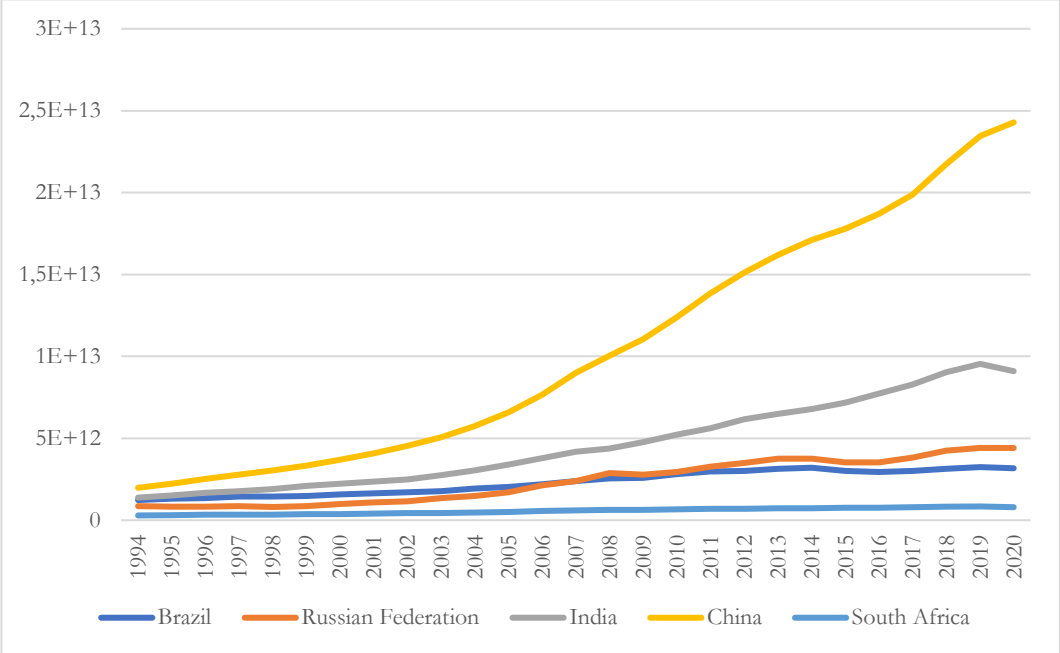
CO2 dilandaskan oleh fakta bahwa negara-negara yang bertanggung jawab akibat emisi gas rumah kaca yang dilakukan menurut proses historis guna dilakukannya pengurangan. Gambar 1.2 menunjukkan perkembangan emisi CO2 dari tahun 1994-2020 negara BRICS (Brazil,Russia,India,China,dan South Africa).



Sumber : *World Bank*, 2022 (data diolah)

Gambar 2. CO2 Emissions (metric tons per capita)

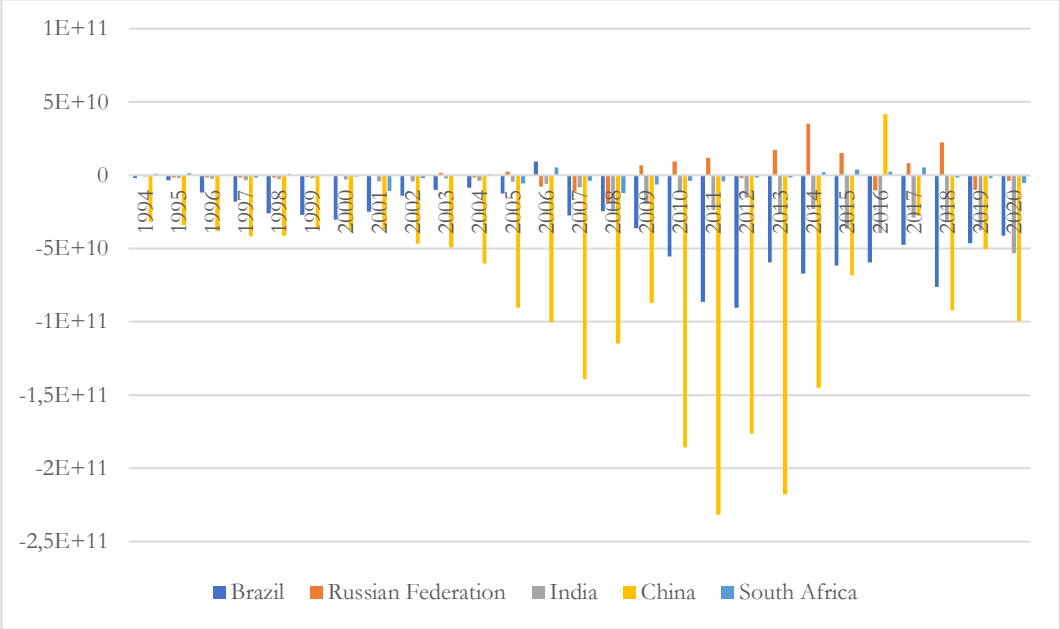
Pada Gambar 2, menunjukkan bahwa dari tahun 1994-2020 *Russia Federation* menyumbang emisi karbon terbanyak, kemudian yang di urutan kedua adalah *South Africa*, akan tetapi perkembangan dari *South Africa* cenderung meningkat sampai tahun 2007 kemudian cenderung stabil dan mulai mengalami penurunan dari tahun 2019. China pada tahun 1994-1999 stabil dalam menghasilkan emisi karbon akan tetapi setelahnya mengalami peningkatan yang drastis sehingga pada tahun 2019 menyalip *South Africa*. Kemudian Brazil menunjukkan perkembangan emisi karbon yang stabil dan India menduduki urutan terakhir dalam menyumbang emisi karbon.



Sumber : *World Bank*, 2022 (data diolah)

Gambar 3. Gross Domestic Product PPP (current international $)

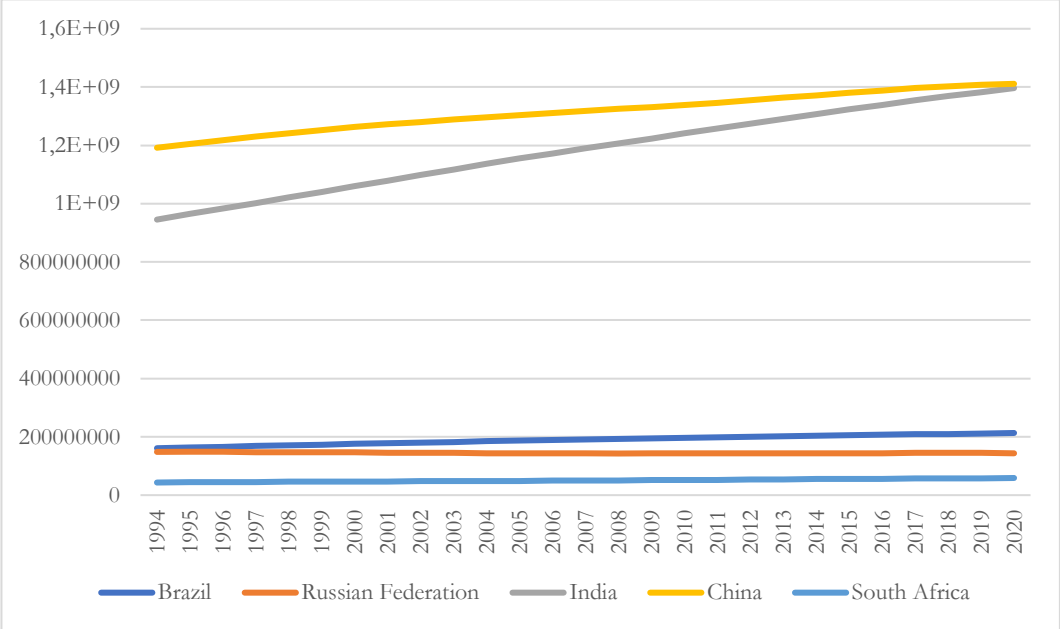
Pada Gambar 3, terlihat bahwa masing-masing negara mengalami *trend* pertumbuhan ekonomi dari tahun 1994-2020. China menempati urutan pertama kemudian diikuti oleh negara India, *Russia Federation*, Brazil, dan yang terakhir *South Africa*. Pertumbuhan ekonomi kelima negara tersebut dihitung berdasarkan ukuran nilai total semua barang dan jasa dalam dolar internasional yang dihasilkan suatu negara dalam satu tahun, dengan melihat daya beli lokal dan nilai tukar mata uang.



Sumber : *World Bank,* 2022 (data diolah)

Gambar 4. Foreign Direct Investment, net (BoP, current US$)

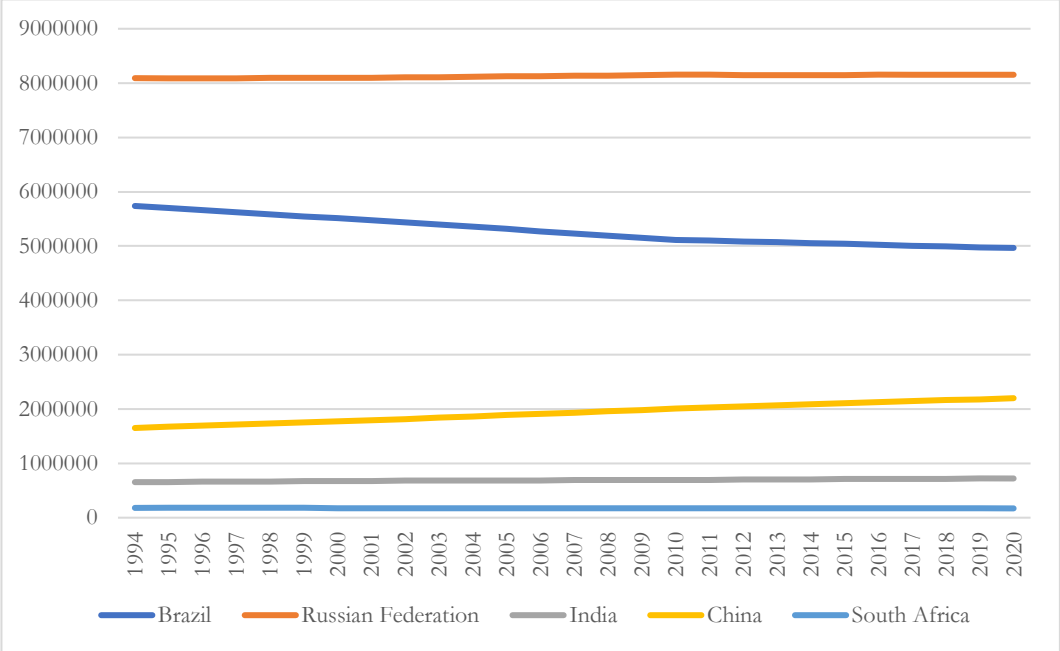
Indikator pengukuran pada Gambar 4 yakni selisih antar arus investasi asing yang masuk dan keluar dari neraca pembayaran diukur dalam dolar Amerika Serikat pada nilai tukar mata uang saat ini. Indikator tersebut menunjukkan bahwa negara BRICS sedikit menerima investasi asing dan cenderung lebih banyak investasi asing yang keluar atau menjadi investor dengan urutan pertama diduduki oleh negara China, kemudian diposisi kedua yakni negara Brazil. Pada tahun 2011 grafik tersebut menunjukkan bahwa investasi keluar lebih banyak dilakukan oleh negara-negara BRICS kecuali *Russia Federation* yang masih lebih banyak menerima investasi asing masuk. Dalam grafik tersebut, terlihat bahwa sebagian negara BRICS menjadi investor kecuali negara *Russia Federation* yang menjadi pusat investasi asing negara lain sehingga investasi asing masuk lebih banyak.



Sumber : *World Bank,* 2022 (data diolah)

Gambar 5. Population (Total Of Individuals)

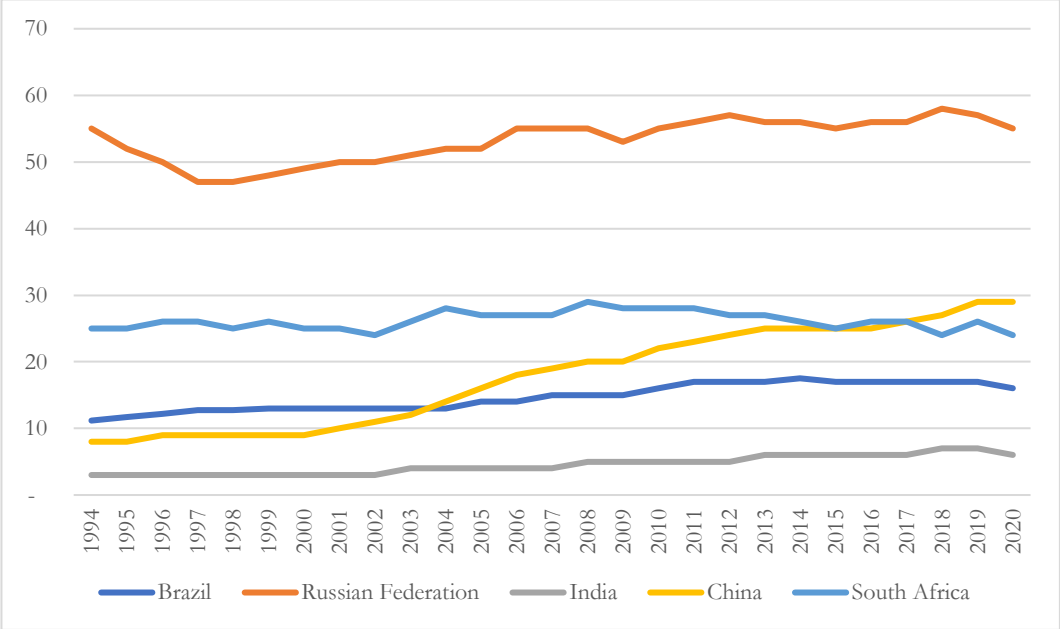
Grafik diatas menunjukkan bahwa, China dan India mengalami kenaikan penduduk yang pesat sehingga India hampir menyusul China. Berbeda dengan Brazil, *Russia Federation*, dan *South Africa* negara mereka cenderung stabil dari tahun 1994-2020 dalam perkembangan jumlah penduduk negaranya sehingga memiliki nilai total penduduk yang sangat beda dengan India dan China.



Sumber : *World Bank*, 2022 (data diolah)

Gambar 6. *Forest Area* (sq. km)

Pada Gambar 6, Russia Federation memiliki *Forest Area* tertinggi dibanding negara lain, *Forest Area* dari negara *Russia Federation* stabil dari tahun 1994-2020 tidak mengalami pengurangan luas hutan. Brazil menunjukkan *Forest Area* mereka mengalami pengurangan, disisi lain China mengalami peningkatan *Forest Area*, kemudian India dan *South Africa* memiliki luas kawasan yang rendah dari kelima negara tersebut akan tetapi perkembangan *Forest Area* negara mereka stabil.



Sumber : *ourworldindata,* 2023 (data diolah)

Gambar 7. Energy Use Per Person (*kWh*)

Konsumsi energi per orang diukur dengan kWh pada Gambar 7 menunjukkan bahwa, *Energy Use* terbesar di urutan pertama yakni *Russia Federation*. *South Africa* mengalami penurunan *Energy Use* dimulai pada tahun 2007. Dari tahun 1994-2000 *Energy Use* pada negara China cenderung stabil dan pada tahun 2001 mulai mengalami peningkatan drastis sehingga menyusul negara Brazil dan *South Africa*. *Energy Use* dari negara Brazil dan India tetap meningkat tiap tahunnya akan tetapi tidak drastis seperti negara China.

Dari uraian latar belakang diatas, penelitian ini menganalisis hubungan antara GDP, FDI, populasi penduduk, kawasan hutan, konsumsi energi, terhadap emisi karbondioksida di 5 negara BRICS. Hal ini menarik untuk diteliti melihat kondisi ekonomi yang terjadi berdasarkan data, BRICS mengalami *trend* dalam pertumbuhan ekonomi dari tahun ke tahun. Total investasi asing pada negara BRICS menjadi penunjang bagi kegiatan ekonomi dimulai dari kegiatan industri ataupun transportasi. Populasi yang mengalami kenaikan pun juga ikut andil dalam pertumbuhan emisi karbondioksida. Penurunan kualitas dan lahan hutan akibat pembangunan infrastruktur yang terjadi menjadikan alasan emisi karbondioksida semakin tumbuh. *Energy Use* untuk kegiatan industri pada negara BRICS cenderung meningkat setiap

tahunnya yang menimbulkan emisi karbondioksida merajalela. Maka dari itu latar belakang diatas dapat dirumuskan sebagai berikut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh GDP negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
2. Bagaimana pengaruh FDI *(Foreign Direct Investment)* negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
3. Bagaimana pengaruh populasi penduduk negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
4. Bagaimana pengaruh kawasan hutan negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
5. Bagaimana pengaruh konsumsi energi negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dan manfaat penelitian yang ingin dicapai sebagai berikut:

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh GDP negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
2. Menganalisis pengaruh FDI *(Foreign Direct Investment)* negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
3. Menganalisis pengaruh populasi penduduk negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
4. Menganalisis pengaruh kawasan hutan negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
5. Menganalisis pengaruh konsumsi energi negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)

1.3.2 Manfaat Penelitian

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan fungsi sebagai referensi yang bermanfaat untuk memperdalam pengetahuan dan pemahaman bagi pembaca

khusunya yang tertarik untuk mengkaji lebih dalam mengenai topik *Green economy* dan dampak kegiatan ekonomi yang dilakukan dari negara BRICS.

2. Dapat memberikan sumbangan referensi atau literatur tambahan bagi pihak-pihak yang ingin melakukan penelitian serupa.
3. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan memberikan informasi dan masukan kepada negara Indonesia sehingga dapat merumuskan kebijakan dan regulasi yang dapat mengontrol pertumbuhan Emisi Karbondioksida (CO2).

BAB II
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan penelitian yang berlandaskan dari penelitian sebelumnya dengan topik serupa untuk dijadikan sebagai acuan. Kajian pustaka ini merupakan langkah awal untuk mengeksplorasi dan menggali pemahaman mendalam terhadap kerangka konseptual dan temuan penelitian terkini yang relevan dengan topik penelitian. Dalam tahap awal ini, fokus penelitian difokuskan pada pemahaman konsep-konsep kunci yang mendasari studi ini, memperkenalkan teori-teori yang menjadi landasan, serta mengevaluasi temuan-temuan signifikan yang telah dihasilkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Melalui analisis terhadap literatur, tujuan utama adalah membangun dasar yang kokoh untuk penelitian ini dan mengidentifikasi celah-celah pengetahuan yang dapat diisi oleh kontribusi penelitian baru ini. Beberapa landasan dari berbagai penelitian sebelumnya, sebagai berikut:

Siregar, S. W (2023), penelitiannya bersifat kuantitatif dengan menyajikan data sekunder yang berasal dari *world bank*. Penelitian data panel ini terdiri dari Indonesia, Malaysia, Mesir, Turki, Iran, Bangladesh, dan Pakistan selama runtun waktu 1992 hingga 2021. Pendekatan data panel yang digunakan yakni *Autoregressive Distribution Lag* (ARDL). Variabel dependen pada penelitian ini adalah Emisi Karbon dan variabel independen berupa *Trade Openess*, *Energy Consumtion*, dan *Economic Growth*. Dengan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa ekspansi ekonomi memiliki efek jangka panjang terhadap emisi karbon. Pertumbuhan ekonomi dan perdagangan terbuka tidak memiliki pengaruh pada emisi karbon dalam jangka pendek. Selain itu, terdapat hubungan sejalan antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon yang terungkap dalam uji *kausalitas Granger*.

Ramadhan, H., *et al.* (2023), penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Data yang digunakan bersifat panel dimana terdiri dari Indonesia, Amerika Serikat, Rusia, Arab Saudi, Korea Selatan, Jerman, Argentina, Perancis, Inggris, India, Jepang, Australia, Italia, China, Kanada, Turki, Brasil, Meksiko, dan Afrika Selatan (19 negara) dalam runtun waktu 2000-2019, dengan variabel dependen emisi karbon dioksida yang terjadi di negara G20 dan variabel *Gross Domestic Bruto* (*GDP*), Pembentukan Modal Tetap Bruto (PMTB), dan populasi penduduk

kota.Berdasarkan hasil perhitungan, ditemukan bahwa *Gross Domestic Bruto* (GDP), Pembentukan Modal Tetap Bruto (PMTB), dan populasi penduduk kota di negara-negara anggota G20 memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan emisi gas karbon dioksida. Pengaruh tersebut terbukti signifikan baik dalam uji parsial maupun simultan.

Palupi, P. G. S., *et al.* (2023), penelitian ini memiliki model analisis regresi linier berganda menggunakan data panel. Data yang digunakan terdiri dari 12 negara eropa (Spanyol, Perancis, Belanda, Austria, Polandia, Norwegia, Swedia, Inggris, Finlandia, Portugal, Swiss, dan Hungaria) selama kurun waktu 2016-2020. Variabel dependen yakni emisi karbon dan variabel independen pajak karbon, pertumbuhan ekonomi (GDP), dan penggunaan gas dan minyak bumi. Berdasarkan hasil yang diperoleh secara parsial penggunaan gas alam dan minyak bumi mempengaruhi secara signifikan terhadap emisi karbon sedangkan pajak karbon dan pertumbuhan ekonomi tidak berpengaruh terhadap tingkat emisi karbon sebab pemanasan global.

Winda, B. S., dan Falianty, T. A. (2023), penelitian ini terdiri dari *cross section* yakni negara G20 dan *time series* selama kurun waktu 2005 hingga 2021 dan menggunakan data panel. Pendekatan yang dilakukan berupa *Generalized Method Mode* (GMM). Variabel dependen yaitu emisi karbon dan variabel independen FDI, emisi CO2, GDP per kapita sektor industri dan GDP per kapita sektor transportasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh, 80% negara G20 menyumbang emisi global dan besaran dari FDI in berpengaruh meningkatkan emisi karbon, sedangkan FDI out berpengaruh negative terhadap emisi karbon. Akan tetapi hasil dari koefisien FDI in tidak signifikan terhadap emisi karbon. GDP dari sektor industri memiliki hubungan negative terhadap emisi karbon, akan tetapi GDP pada sektor transportasi memiliki hubungan positif terhadap emisi karbon.

Yusril, I. (2023), dalam penelitian data panel ini *cross section* terdiri dari sembilan negara anggota ASEAN (Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, Filipina, Brunei Darussalam, Vietnam, Myanmar dan Kamboja) dan *time series* dalam kurun waktu 2011 hingga 2020. Variabel dependen yang digunakan adalah emisi karbon dan variabel independen FDI, *control corruption*, dan populasi penduduk. Berdasarkan hasil yang diperoleh secara parsial FDI dan populasi penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap meningkatnya emisi karbon, sedangkan *control of corruption* berpengaruh negatif

dan signifikan terhadap meningkatnya emisi karbon. Sedangkan secara simultan seluruh variabel independen (FDI, populasi penduduk, dan *control of corruption*) secara bersamaan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi karbon di Sembilan negara anggota ASEAN selama 2011-2020.

Adha, I. S. (2023), penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif dengan Teknik analisis regresi data panel yang terdiri dari 5 negara ASEAN yaitu Indonesia, Thailand, Malaysia, Singapura dan Philipina dalam kurun waktu 2001-2020. Variabel dependen yang digunakan yakni emisi karbon dan untuk variabel independen yakni *Gross Domestic Bruto* (GDP), konsumsi energi, dan *Forest Area*. Berdasarkan hasil yang diperoleh GDP dan *Forest Area* berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon, sedangkan konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon.

Hariani, E. (2021)**,** Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data panel selama periode tahun 2000 hingga 2014, dengan unit analisis berfokus pada negara-negara ASEAN, yaitu Brunei Darussalam, Indonesia, Kamboja, Laos, Myanmar, Malaysia, Filipina, Singapura, Thailand, dan Vietnam. Hasil dengan variabel dependen emisi gas karbon dioksida dan variabel independen pertumbuhan ekonomi, populasi penduduk kota, dan keterbukaan perdagangan internasional. Penelitian ini menarik kesimpulan bahwa adanya pertumbuhan ekonomi dan keterbukaan perdagangan internasional memiliki dampak yang signifikan terhadap emisi gas karbon dioksida selama periode 2000-2014. Semakin tinggi tingkat pertumbuhan ekonomi dan tingkat keterbukaan perdagangan internasional di negara-negara ASEAN, maka dapat mengurangi tingkat emisi gas karbon dioksida.

DI Asia, T. D. A. T (2018), penelitian ini menggunakan data panel yakni gabungan dari *cross section* yang terdiri dari negara di kawasan Asia Timur dan Asia Tenggara dan *time series* dalam kurun waktu 23 tahun dari tahun 1993 sampai 2015. Variabel dependen dari penelitian ini adalah emisi karbon dan variabel dependen dari penelitian ini adalah GDP per kapita, FDI, dan Keterbukaan ekonomi. Berdasarkan hasil yang diperoleh pertumbuhan ekonomi berpengaruh terhadap emisi karbon dan teori EKC terbukti baik di negara *high income* di Asia Timur maupun negara *lower middle income* di Asia Tenggara. Kemudian FDI dan keterbukaan ekonomi di kawasan Asia Timur dan Asia Tenggara berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon.

Fauzi, R. (2017), penelitian ini menggunakan model data panel teknik menggabungkan data *cross section* dan *time series* di 6 (enam) negara-negara anggota ASEAN (Indonesia, Malaysia, Philipina,Singapura, Thailand dan Vietnam) data kuantitatif 5 (lima) tahunan yaitu data pada tahun 1990,1995, 2000, 2005 dan tahun 2010 dengan variabel dependen Emisi CO2 Per kapita dan variabel independen Konsumsi Energi per kapita, *Forest Area* (hektar), dan *Gross Domestic Bruto* (Y) per kapita. Berdasarkan penelitian disimpulkan bahwa, setiap kenaikan satu persen luasan hutan dari suatu negara akan mampu menurunkan nilai emisi CO2 sebesar 0,04% (dalam metrik ton per kapita). Kemudian, setiap peningkatan 1% konsumsi energi per kapita (kg)dan GDP per kapita (US$) akan menambah nilai emisi sebesar masing-masing 1,36% dan 1,98%.

Putri, A. E., dan Sasana H. (2016), penelitian ini menggunakan data panel yang terdiri dari lima negara BRICS (Brazil, Russia, India, China, dan South Africa) selama 1995-2013 serta menggunakan *Fixed Effect Model.* Variabel dependen Emisi Karbondioksida dan variable independen konsumsi energi batubara, konsumsi minyak bumi dan gas alam dan energi terbarukan serta alat analisis yang dihunakan adalah regresi data panel. Konsumsi energi minyak bumi dan gas alam berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbondioksida, sementara itu variabel konsumsi energi batubara berpengaruh positif tetapi tidak signifikan terhadap variabel emisi karbondioksida. Variabel konsumsi energi terbarukan berpengaruh negative terhadap emisi karbondioksida.

2.2 Landasan Teori

Pencemaran Lingkungan

Menurut Siburian (2020) menyatakan pencemaran udara merupakan keadaan di mana terdapat substansi biologi, kimia, dan fisik yang ada di lapisan udara (atmosfer) yang jumlahnya dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya yang ada di bumi. Proses terjadinya pencemaran udara terbagi dua yaitu alamiah dan aktivitas manusia. Dalam aktivitas manusia pencemaran disebabkan oleh pembakaran sampah, yang menghasilkan emisi berupa methane, gas, dan partikel seperti debu serta hidrokarbon.

Beberapa metode yang sering diterapkan untuk mengukur kerusakan lingkungan mencakup:

1. Penilaian kualitas udara, biasanya menggunakan parameter CO2, SO2, CO, atau NOx.
2. Evaluasi kualitas air, yang terdiri dari tiga kategori indikator:
   a. Konsentrasi pathogen dalam air,
   b. Tingkat logam berat dan limbah kimia beracun sebagai akibat aktivitas manusia di dalam air, dan
   c. Tingkat degradasi oksigen dalam air.
3. Pemakaian indikator lingkungan lainnya seperti jumlah sampah perkotaan, sanitasi perkotaan, akses terhadap air bersih, tingkat konsumsi energi, dan sebagainya.

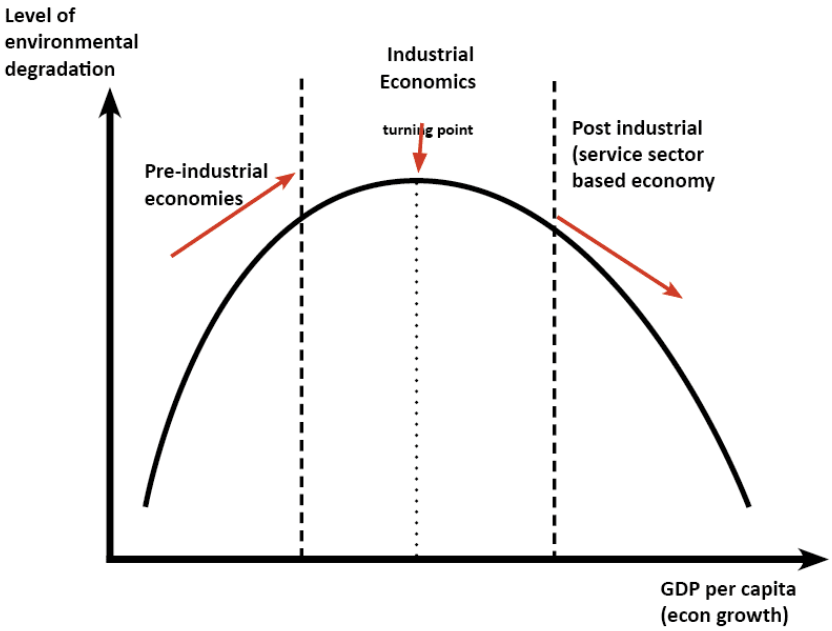
Industri, yang berasal dari pembangkit listrik dan industri yang menggunakan bahan bakar, sehingga menghasilkan polusi berupa asap, sulfur oksida, dan polusi lainnya. Aktivitas rumah tangga, yang berasal dari proses pembakaran pengolahan makanan. Transportasi, yang berasal dari penggunaan kendaran bermotor, sehingga menghasilkan polusi berupa nitrogen oksida, sulfur oksida, dan karbon dioksida. Aktivitas operasional perusahaan juga merupakan salah satu penyebab pencemaran lingkungan.

Dalam menghadapi perubahan iklim, diharapkan perusahaan dapat mengungkapkan peran mereka dalam peningkatan perubahan iklim, termasuk di antaranya melalui pengungkapan emisi karbon. Emisi karbon merujuk pada gas yang dilepaskan selama proses pembakaran senyawa yang mengandung karbon. Contohnya adalah CO2, yang dihasilkan dari pembakaran bensin, solar, kayu, daun, gas elpiji, dan bahan bakar lain yang kaya akan hidrokarbon (senyawa dengan kandungan hidrogen dan karbon). Emisi karbondioksida terjadi akibat kegiatan manusia berdasarkan perilaku bisnis dan kinerja sosial. Sebanyak 80% dari polusi udara didominasi oleh jenis polutan ini. Konsentrasi karbondioksida di atmosfer sangat dipengaruhi oleh berbagai sumber, terutama seiring dengan proses modernisasi yang cenderung mengurangi jumlah tanaman. Penggunaan bahan bakar fosil menjadi faktor utama yang menyebabkan peningkatan emisi karbondioksida dengan cepat.

Pertumbuhan Ekonomi

Suatu negara memiliki kegiatan untuk menunjang kesejahteraan manusia baik dengan cara bekerja sama tiap negara ataupun individu maka pertumbuhan ekonomi mencerminkan kenaikan kemakmuran ekonomi suatu negara atau wilayah, dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti peningkatan produksi, peningkatan produktivitas, investasi yang lebih besar, dan pertumbuhan jumlah penduduk. Biasanya, pertumbuhan ekonomi diukur dalam bentuk tingkat persentase yang menunjukkan perubahan GDP dari satu tahun ke tahun berikutnya atau dari satu periode waktu ke periode waktu lainnya.

Teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menjabarkan bahwa, pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, suatu negara cenderung melakukan pemanfaatan sumber daya secara maksimal untuk meningkatkan pertumbuhan ekonominya. Dengan adanya input faktor produksi yang besar, hasil produksi pun cenderung meningkat secara signifikan. Dalam konsep tersebut dijelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan, ketika suatu negara memulai upaya pengembangan ekonominya atau ketika ekonomi mulai tumbuh, tingkat degradasi lingkungan kemungkinan akan tinggi. Kualitas lingkungan dari negara tersebut pada periode ini dapat dianggap rendah. Pada fase ini, sumber daya alam akan dieksploitasi secara intensif untuk digunakan sebagai faktor produksi, dengan tujuan meningkatkan output ekonomi negara tersebut.



Sumber : Lembaga Pengembangan & Konsultasi Nasional (LPKN), 2023

Gambar 8. Environmental Kuznets Curve (EKC*)*

Hipotesis ini digunakan untuk membuktikan korelasi antara degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita. Korelasi dari degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita membentuk sebuah kurva U terbalik. Asumsi dari kurva ini menunjukkan bahwa meningkatnya pendapatan per kapita yang terjadi akan bertumbuhnya degradasi lingkungan saat kondisi *turning poin* (titik balik) degradasi lingkungan semakin berkurang sejalan dengan tingginya pendapatan per kapita.

Pada tahap *pre-industrial economies,* pembangunan di suatu negara dengan giat meningkatkan pendapatan per kapita masyarakat yang mengorbankan lingkungannya. Struktur perekonomian berubah yang pada awalnya dari pertanian menjadi industri. Pada masa transformasi, kegiatan produksi masif dilakukan dan tidak memikirkan aspek lingkungan. Pada tahap *industrial economies,* suatu negara sudah berada di posisi puncaknya. Dengan didominasi oleh struktur industri manufaktur. Akibat adanya kegiatan industri yang dilakukan maka kondisi lingkungan semakin buruk. Hal ini yang mendasari kesadaran masyarakat akan pentingnya kelestarian lingkungan dalam pembangunan ekonomi. Perusakan lingkungan mulai berkurang seiring dengan tingginya pendapatan per kapita. Sehingga diwaktu tertentu pendapatan per kapita

semakin bertambah tetapi tidak diikuti dengan perusakan lingkungan. Dalam hal ini kegiatan ekonomi tidak mengorbankan lingkungan. Pada tahap *post industrial,* perekonomian yang mulanya dari industri menjadi jasa. Masyarakat mulai sadar akan pentingnya pembangunan berkelanjutan dan menjadikan faktor utama perubahan ini. Kegiatan ekonomi yang semakin didominasi sektor jasa menjadikan masyarakat tidak lagi mengorbankan lingkungan dalam berekonomi. Produk yang dihasilkan juga menggunakan teknologi yang ramah lingkungan sehingga produk tersebut ramah terhadap lingkungan.

Investasi Asing Langsung

Investasi merujuk kepada penggunaan pendapatan untuk tujuan bukan konsumsi, melainkan untuk kegiatan investasi. Dalam pengertian sehari-hari, investasi adalah tindakan menempatkan uang pada suatu tempat pada saat ini dengan tujuan mendapatkan manfaat atau keuntungan di masa mendatang. Dengan kata lain, investasi merupakan langkah awal dalam menjalankan suatu kegiatan bisnis. Menurut Noor (2007) investasi asing langsung merujuk pada penanaman modal pada berbagai aset atau faktor produksi untuk menjalankan usaha atau bisnis di luar negeri. Contohnya, investasi ini dapat mencakup perkebunan, perikanan, pembangunan pabrik, toko, dan jenis usaha lainnya.

Dari percakapan sehari-hari, investasi semacam ini sering disebut sebagai investasi dalam aset riil, yang memiliki wujud yang jelas, mudah diamati, dan memiliki dampak yang dapat diukur terhadap masyarakat secara keseluruhan. Investasi semacam ini umumnya memiliki jangka waktu menengah hingga panjang dan bertujuan untuk mendapatkan keuntungan. Menurut Salvatore (1997), investasi asing langsung melibatkan penanaman modal pada aset-aset fisik konkret, seperti pembangunan pabrik, akuisisi berbagai jenis peralatan produksi, pembelian tanah untuk keperluan produksi, serta pengadaan inventaris dan perlengkapan lainnya. Dalam investasi semacam ini, pihak investor umumnya juga berperan dalam mengelola fungsi-fungsi manajemen, dan pemilik aset tetap memiliki kendali atas dana yang telah diinvestasikan.

Investasi asing juga merujuk terhadap pencemaran lingkungan, sebab dengan adanya pemodalan kepada suatu negara maka kegiatan industri semakin tinggi sehingga mengakibatkan *Energy Use* dan menimbulkan emisi karbondioksida. *Pollution Haven Hypothesis* dapat diartikan secara umum sebagai kondisi di mana perusahaan yang berencana untuk berinvestasi untuk mencari lokasi di negara yang sedang berkembang dengan pajak lebih rendah dan regulasi yang kurang ketat. Akibatnya, investasi asing langsung (FDI) secara bertahap dapat menimbulkan masalah lingkungan di negara-negara berkembang. Hipotesis ini pertama kali diperkenalkan oleh Copeland dan Taylor pada tahun 1994 dalam penelitian mereka yang berjudul "*North-South Trade and the Environment*" Berdasarkan konsep ini, mereka menyebut bahwa ketika perdagangan dibebaskan, industri yang mencemari cenderung beralih dari negara-negara yang memiliki regulasi lingkungan ketat ke negara-negara dengan regulasi yang lebih rendah. Sebaliknya, industri yang bersih lebih mungkin bermigrasi ke negara-negara maju. Asumsi dasar dari hipotesis ini adalah bahwa peningkatan regulasi lingkungan akan meningkatkan biaya, sehingga membuat ekspor dari negara-negara dengan regulasi yang ketat relatif lebih mahal dibandingkan dengan negara-negara dengan regulasi yang lebih longgar.

Hal esensial yang ditekankan dalam *Pollution Haven Hypothesis* atau *Pollution Haven Effect* adalah ide bahwa industri yang mencemari akan beralih ke wilayah hukum yang memiliki regulasi lingkungan yang kurang ketat. Di sisi lain, keterbatasan studi empiris tentang fenomena ini disebabkan oleh kesulitan dalam mengukur ketatnya regulasi dan fakta bahwa tingkat ketatannya dan tingkat polusi diukur secara bersamaan. Premisnya mudah dimengerti: regulasi lingkungan meningkatkan biaya input kunci untuk barang-barang yang dihasilkan dengan intensitas polusi tinggi, dan pada saat yang sama mengurangi keunggulan komparatif wilayah hukum dalam produksi barang-barang tersebut.

Populasi Penduduk

Jumlah total individu yang tinggal suatu wilayah dalam waktu tertentu disebut dengan populasi penduduk. Populasi penduduk dari tahun ke-tahun merujuk kepada pertumbuhan penduduk. Dalam teori Malthus dicetuskan bahwa laki laki yang

berhubungan dengan Perempuan akan menyebabkan kehamilan serta kelahiran terus menerus tanpa henti. Sementara pada saat yang bersamaan seiring bertambahnya jumlah penduduk maka perlunya pasokan pangan yang cukup. Menurut Malthus, jika faktor penghambat tidak ada, maka penduduk akan tumbuh menurut deret ukur sementara sumber pangan akan tumbuh seperti deret hitung. Teori Malthus menekankan daya dukung lingkungan dan daya tampung lingkungan. Malthus juga mengutarakan argumen berikut:

- Menurut Malthus tidak perlu mempertimbangkan koneksi antar daerah yang dapat memudahkan distribusi bahan makanan mengharuskan perkembangan trasnportasi guna memfasilitasi pengiriman ke wilayah yang kekurangan pangan
- Malthus tidak memasukkan perkembangan teknologi, khususnya di sektor pertanian, ke dalam pertimbangannya. Ini karena pertanian dapat secara cepat ditingkatkan melalui penerapan teknologi baru.
- Malthus tidak mempertimbangkan adanya upaya pengendalian kelahiran oleh pasangan yang sudah menikah, sehingga pandangannya terhadap pengendalian kelahiran dianggap tidak etis.

Dalam teori Malthus penduduk akan tumbuh menurut deret ukur sementara sumber pangan akan tumbuh seperti deret hitung menyebabkan manusia melakukan perpindahan untuk memenuhi kebutuhannya yang disebut urbanisasi. Urbanisasi mengubah kegiatan produksi yang spada awalnya menggunakan sedikit energi menjadi kegiatan produksi yang mengonsumsi energi dengan intensitas lebih tinggi (Jones, 1989). Beberapa faktor dapat memberikan penjelasan tentang cara urbanisasi mempengaruhi permintaan energi, termasuk perubahan dalam sektor produksi, mobilitas, infrastruktur, dan perubahan pola hidup (Madlener dan Sunak, 2011). Kenaikan jumlah penduduk di perkotaan secara alami akan berkorelasi dengan meningkatnya kebutuhan energi di masa depan, yang dipicu oleh perubahan pola konsumsi energi masyarakat. Faktor ini tentu saja dipengaruhi dari meningkatnya kebutuhan dan mobilitas di wilayah perkotaan. Urbanisasi dan pertumbuhan cepat penduduk perkotaan akan menyertai transformasi gaya hidup, perubahan pola hunian

penduduk, dan peningkatan infrastruktur transportasi, yang pada akhirnya akan menyebabkan peningkatan permintaan energi. Fenomena ini tercermin dalam gaya hidup masyarakat perkotaan yang cenderung menggunakan energi secara lebih besar. Dalam era industri dan teknologi, peran energi menjadi sangat signifikan. Dengan dukungan teknologi, produktivitas manusia dalam dunia kerja meningkat, sehingga mendukung pertumbuhan ekonomi.

Kawasan Hutan

Hutan yang ada di dunia memberikan sejumlah manfaat yang signifikan bagi kehidupan manusia. Sebagai suatu ekosistem yang utuh, hutan menjadi habitat bagi jutaan spesies tanaman dan hewan di seluruh dunia. Fungsi-fungsi utamanya meliputi penyediaan oksigen, penjaga cadangan air, serta peran dalam mengatur perubahan iklim di berbagai belahan dunia. Hutan adalah suatu komunitas tumbuhan dan hewan yang tinggal di berbagai lapisan dan permukaan tanah di suatu wilayah, membentuk suatu ekosistem yang berada dalam keseimbangan dinamis. Area dimana pepohonan berkumpul dan tumbuh rapat beserta tumbuh-tumbuhan memanjat dengan beragam bunga dan berperan bagi kehidupan manusia disebut kawasan hutan (Arief, 2001). Area yang isinya ditemukan tumbuhan dan hewan disebut kawasan hutan (Fitriana, 2008). Saat ini, isu perlindungan hutan telah menjadi perhatian global karena peran hutan yang dapat mengancam keselamatan manusia di seluruh dunia. Pembukaan lahan hutan sering kali dilakukan sebagai mata pencaharian bagi sejumlah masyarakat, kepentingan pengusaha, dan juga sebagai sumber pendapatan bagi negara.

Dalam hal menjaga keseimbangan dan menyediakan berbagai manfaat bagi lingkungan dan manusia, ada hal yang menyebabkan kualitas dari kawasan hutan menghilang. Kegiatan manusia guna menunjang kehidupannya menjadi faktor kurangnya kawasan hutan. Proses pengurangan luas hutan terjadi ketika pohon ditebang dan hutan dibakar secara besar besaran disebut Deforestasi. Deforestasi merujuk pada penurunan luas hutan yang disebabkan oleh konversi lahan untuk keperluan infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan. Proses deforestasi terkait dengan aktivitas penebangan dan pembalakan yang tidak terkontrol, sering kali dipicu oleh kebakaran hutan yang dapat menyebabkan

pemanasan global dan mengancam keberlangsungan semua makhluk hidup (Herpita Wahyuni dan Suranto, 2021).

Konsumsi Energi

Dalam hal pemanfaatan sumber daya energi untuk memenuhi kebutuhan manusia, baik skala individual maupun skala besar yang digunakan oleh industri dan masyarakat merujuk kepada konsumsi energi. Konsumsi merupakan pengeluaran masyarakat pada makanan, pakaian, dan kebutuhan lainnya dapat dikategorikan sebagai pengeluaran. Sementara itu, produk yang diproduksi untuk digunakan oleh masyarakat guna memenuhi kebutuhannya disebut sebagai barang konsumsi (Dumairy, 2004).

Teori konsumsi Friedman yang terdapat dalam bukunya *"A Theory of Consumption Function,"* pendapatan permanen didefinisikan sebagai pendapatan jangka panjang rata-rata yang diharapkan akan diterima dari *"Human and non Human Wealth."* Peningkatan pendapatan permanen terkait dengan penilaian individu terhadap kualitas dirinya *(human wealth)* yang semakin membaik, meningkatkan kemampuan bersaing di pasar. Keyakinan ini juga menciptakan ekspektasi yang lebih optimistik terhadap pendapatan upah atau gaji yang diharapkan *(expected labour income)*. Ekspektasi tentang pendapatan permanen juga akan tumbuh jika individu menganggap kekayaannya (*non human wealth)* meningkat. Oleh karena itu, dalam kondisi tersebut, diantisipasi bahwa pendapatan non upah *(non-labour income)* juga akan meningkat.

Kraft & Kraft (1978) menyebutkan bahwa kenaikan konsumsi energi merujuk kepada pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan populasi di perkotaan, sektor industri, dan sektor rumah tangga akan menyebabkan peningkatan dalam *Energy Use*.

2.3 Hubungan Antar Variabel

2.3.1 Hubungan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi Karbondioksida

Hubungan pertumbuhan ekonomi yang diukur melalui GDP dengan kualitas lingkungan dijelaskan dalam sebuah hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Dalam hipotesis ini dijelaskan bahwa tahap awal untuk mencapai pertumbuhan

ekonomi selaras dengan turunnya kualitas lingkungan. Sebab, suatu negara akan terus berfokus meningkatkan ekonomi melalui pertumbuhan produksi tanpa memperhatikan lingkungan sekitar (Spilker, Vally dan Thomas, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Gessesse dan He, 2020) mengungkapkan bahwa GDP Per Kapita mampu meningkatkan emisi karbondioksida di China. Penelitian tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Demissew Beyene dan Kotosz (2020), yang menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbondioksida di 12 negara Afrika Timur.

2.3.2 Hubungan *Foreign Direct Investment* (Investasi Asing Langsung) Terhadap Emisi Karbondioksida

Secara definisi Investasi langsung asing *(Foreign Direct Investment/FDI)* aliran bersih investasi yang ditujukan kepada perusahaan/perindustrian untuk memperoleh keuntungan bersifat jangka panjang. Dengan adanya investasi ini Perusahaan/Perindustrian dapat menunjang kegiatan produksi mereka. Dalam hal industry Kuwarto dalam Setyawati (2002) mendefinisikan bahwa industri merupakan kegiatan menghasilkan barang-barang dalam jumlah besar dengan kualitas yang terjamin kemudian diperjual belikan, dalam proses produksinya membutuhkan tenaga kerja, teknologi, teknik dan cara, serta pola kerja yang sudah ditentukan. Pertumbuhan industry akan menurunkan kualitas lingkungan. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) terdapat lima sektor yang menjadi sumber utama emisi Karbondioksida, yaitu sektor pertanian, sektor energi, sektor kehutanan, sektor industri, dan sektor limbah (Purwanta, 2010). Aktivitas industri yang berperan sebagai sumber Emisi Karbondioksida terbesar adalah industri semen, industri besi, industri baja dan besi, industri petrokimia, industri keramik, industri kertas, serta industri yang menggunakan bahan karbonat dalam proses produksinya (Ghozali, *et al.* 2015).

2.3.3 Hubungan Populasi Penduduk Terhadap Emisi Karbondioksida

Menurut Suparmoko (1997), keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi, penduduk, sumber daya, dan lingkungan dijelaskan yakni pertambahan jumlah penduduk mendorong perekonomian untuk menyediakan lebih banyak barang dan jasa

guna memenuhi kebutuhan mereka. Namun, upaya meningkatkan produksi barang dan jasa akan mengakibatkan peningkatan produksi bahan baku yang harus diekstraksi atau dikeluarkan dari cadangan sumber daya alam. Dengan berkurangnya sumber daya alam sebagai hasilnya, terjadi peningkatan polusi yang berkontribusi pada melonjaknya pertumbuhan ekonomi.

Pertumbuhan ekonomi, yang berperan dalam peningkatan pertumbuhan ekonomi, juga akan menghasilkan dua jenis konsekuensi. Pertama, memberikan dampak positif pada kehidupan manusia melalui peningkatan ketersediaan barang dan jasa dalam perekonomian. Kedua, mengakibatkan dampak negatif, seperti kerusakan lingkungan karena eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam dan pencemaran akibat manajemen sampah yang tidak tepat. Selain itu, pertumbuhan ekonomi juga dapat menyebabkan penipisan sumber daya alam yang dapat mengakibatkan kelangkaan.

Pertumbuhan ini pada akhirnya akan melambat seiring habisnya persediaan sumber daya alam, yang diprediksi terjadi pada tahun 2100. Proses ini dapat diikuti oleh tantangan serius, seperti masalah kelaparan akibat ketidakmampuan memenuhi kebutuhan pangan dan peningkatan polusi yang dapat merugikan lingkungan. Demi menghindari skenario tersebut, manusia perlu membatasi pertumbuhan mereka dan menggunakan sumber daya alam secara berimbang. Gagasan ini mencerminkan prinsip yang serupa dengan yang dikemukakan oleh Malthus pada tahun 1798, di mana populasi berkembang secara eksponensial sementara kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup tumbuh secara linear. Oleh karena itu, suatu saat akan terjadi ketidakseimbangan yang signifikan antara jumlah penduduk dan kapasitas pemenuhan kebutuhan hidup. Selain itu, Malthus juga merujuk pada bencana Mathusian atau Malthusian, yang menunjukkan situasi di mana kondisi substansial dikembalikan ketika populasi tidak sejalan dengan produksi pertanian.

2.3.4 Hubungan Kawasan Hutan Terhadap Emisi Karbondioksida

Hubungan antara *Forest Area* terhadap emisi karbondioksida didasari oleh Persaingan dalam pemanfaatan lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor dan cenderung

memiliki sifat yang kompleks. Terdapat tiga kategori faktor yang berperan dalam mengubah penggunaan lahan, meliputi faktor ekonomi seperti kondisi pasar dan tingkat pendapatan, faktor sosial seperti kepadatan penduduk dan tingkat kemiskinan, serta keterkaitan budaya dan politik (Dwi Prabowo, 2014). Penurunan luas hutan di beberapa wilayah dan/atau peningkatan *Forest Area* di wilayah lainnya dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan industrialisasi. Secara keseluruhan, fenomena ini menciptakan pola umum perubahan tutupan hutan sejalan dengan progres pembangunan ekonomi (Mather, 1992). Dengan berkurangnya kualitas hutan dan luas hutan maka dalam mengatasi emisi karbondioksida menjadi tidak optimal. Fungsi hutan sejatinya berperan sebagai penyimpan karbon alam, menyerap dan menyimpan CO2 melalui proses fotosintesis. Pengelolaan hutan dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dapat membantu mengurangi emisi karbon. Praktik-praktik seperti pengelolaan hutan yang berkelanjutan, penanaman kembali (reforestasi), dan pelestarian lahan hutan dapat membantu mempertahankan karbon yang tersimpan. Kegiatan ekonomi yang mengorbankan lingkungan menjadikan hutan kehilangan fungsi untuk mengontrol tumbuhnya emisi karbondioksida.

2.3.5 Hubungan Konsumsi Energi Terhadap Emisi Karbondioksida

Hubungan konsumsi energi menurut Harris dan Roach (2021), energi merupakan pokok utama dalam perekonomian. Komponen penting dalam penggerak aktivitas ekonomi yakni energi, akan tetapi dalam hal penggunaannya energi dapat mencemarkan lingkungan dari limbah dan polusi yang bersumber dari hasil pembakaran bahan bakar fosil . Dalam hal ini energi yang berasal dari pembakaran bahan fosil menghasilkan efek buruk bagi lingkungan. Adapun sumber energi berasal dari fosil yaitu:

Mineral organik yang dapat terbakar, batu bara, berasal dari sisa-sisa tumbuhan purba yang mengendap dan mengalami proses fisika dan kimia selama berjuta-juta tahun. Komponennya melibatkan campuran unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Minyak bumi yakni memiliki bentuk kubah yang berasal dari permukaan tanah. Salah satu upaya untuk mendapatkan minyak bumi dengan cara pengeboran yang berlokasi di darat (dulunya lautan) atau dilepas pantai. Pihak yang melakukan pengeboran adalah perindustrian.

Gas alam adalah bahan bakar fosil dalam bentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH4). Gas alam dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas bumi, dan tambang batu bara. Penelitian yang dilakukan oleh Osobajo (2020) mengungkapkan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi terhadap emisi karbondioksida. Selain itu ditemukan pula bahwa konsumsi energi berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan emisi karbondioksida. Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang (2020) yang mengungkapkan bahwa konsumsi energi yang tinggi akan meningkatkan emisi karbondioksida di China.

2.4 Hipotesis Penelitian

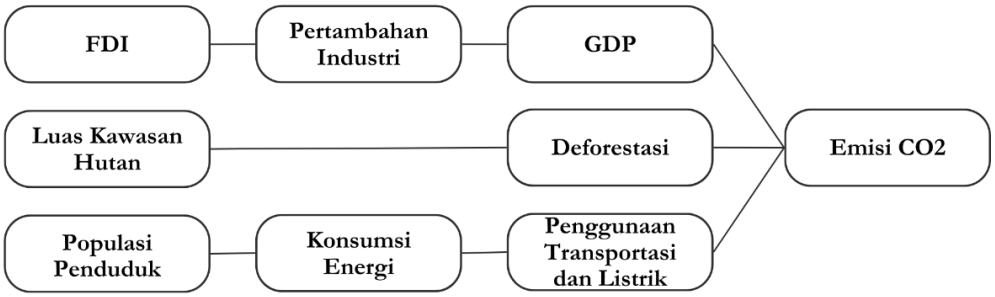
Penelitian ini didasari oleh hipotesis asosiatif yang menunjukkan bahwa ada hubungan atau asosiasi antara variabel-variabel tersebut. Dalam konteks analisis ekonomi negara BRICS terhadap emisi karbon dioksida (CO2), sebuah hipotesis asosiatif dapat diformulasikan sebagai berikut:

1. Diduga ada pengaruh positif GDP negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
2. Diduga ada pengaruh positif FDI *(Foreign Direct Investment)* negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
3. Diduga ada pengaruh populasi penduduk positif negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
4. Diduga ada pengaruh negatif kawasan hutan negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)
5. Diduga ada pengaruh positif konsumsi energi negara BRICS terhadap Emisi Karbon (CO2)

2.5 Kerangka Penelitian

Dalam penelitian ini akan menganalisis mengenai pengaruh variabel ekonomi yang meliputi *Gross Domestic Product, Foreign Direct Invesment,* Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* terhadap Emisi Karbondioksida Negara BRICS (Brazil, Russia, India, China, dan South Africa) periode 1994 hingga 2020. Pada kerangka pemikiran

ini didapatkan skema singkat yang berkaitan dengan proses penelitian penulis sebagai berikut:



Gambar 9. Kerangka Penelitian

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Cara Pengumpulan Data

3.1.1 Jenis Data

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis angka atau data numerik untuk melihat kebenaran berdasarkan fakta yang dibuktikan atau diuji secara empiris. Pendekatan kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini merupakan langkah untuk menjelaskan fenomena dengan menggunakan data-data numerik, lalu dianalisis menggunakan statistik. Tujuan dari penelitian kuantitatif yakni untuk mengukur variabel-variabel, mengidentifikasi hubungan statistik, menyusun generalisasi, dan menguji hipotesis. Data kuantitatif yang digunakan berasal dari data sekunder yakni data yang diperoleh dan dibuat oleh pihak lain yang dikumpulkan dalam kurun waktu tertentu dari suatu sampel. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data panel yaitu gabungan data *time series* (deret waktu) dan data *cross section* (data silang). Ketersediaan data merupakan hal mutlak untuk dipenuhi suatu penelitian ilmiah.

3.1.2 Cara Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dalam metode pengumpulannya yang bersumber dari metode dokumentasi. Peneliti mencari dan mendapatkan data sekunder yang bersumber dari:

1. *The World Bank* dan *Our World in Data* 5 negara (Brazil, Russia, India, China, dan Afrika Selatan) tahun 1994-2020
2. Sumber sumber lain yang mendukung penelitian ini.

3.2 Definisi Variabel Operasional

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan terdiri dari variabel independen dan variabel dependen.Variabel dependen, yang sering juga disebut variabel terikat, adalah jenis variabel yang dipengaruhi oleh atau menjadi hasil dari adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel dependen yang digunakan adalah emisi karbon per kapita dari ke lima negara BRICS tahun 1994-2020. Variabel independen atau variabel bebas merujuk kepada variabel yang memiliki pengaruh terhadap atau menjadi

penyebab perubahan atau munculnya variabel dependen (terikat). Pada penelitian ini variabel independen yang digunakan adalah GDP PPP (*Gross Domestic Product purchasing power parity*) *current U$* , FDI (*Foreign Direct Invesment*), Populasi penduduk, Kawasan hutan, dan *Energy Use*. Definisi operasional dari variable penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Emisi Karbondioksida (CO2)

   Emisi karbon dioksida berasal dari aktivitas pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan gas untuk keperluan energi, termasuk pembakaran kayu dan limbah. Selain itu, proses industri seperti pembuatan semen juga berkontribusi terhadap emisi ini. Emisi CO2 merupakan salah satu indikator dari sekian banyak gas rumah kaca yang dapat dipancarkan oleh suatu negara. Rata rata Emisi karbon dioksida (CO2) yang dihasilkan suatu negara diukur dengan jumlah emisi karbon dioksida (CO2) metrik ton per individu negara BRICS tahun 1994-2020.

2. *Gross Domestic Product* (GDP)

   Pertumbuhan ekonomi merupakan terjadinya peningkatan secara terus-menerus dalam volume produksi pada suatu negara (Lewis, 2019). *Gross Domestic Bruto Purchasing Power Parity* (GDP, PPP) ini menunjukkan nilai untuk *Gross Domestic Bruto Purchasing* (GDP), yang merujuk dalam dolar internasional saat ini dan dikonversi menggunakan faktor konversi Paritas Daya Beli (PPP). GDP mencakup total nilai barang dan jasa yang dihasilkan dalam suatu negara, termasuk pajak produk dan dikurangi subsidi yang tidak termasuk dalam nilai produk. Dengan kata lain, GDP yang dihasilkan suatu negara diukur dalam dolar internasional saat ini dari tahun 1994-2020.

3. *Foreign Direct Invesment* (FDI)

   Investasi langsung asing *(Foreign Direct Investment/FDI)* adalah aliran bersih investasi untuk memperoleh keuntungan yang bersifat jangka panjang (10 persen atau lebih kepemilikan utama dari saham) dalam suatu perusahaan yang beroperasi di ekonomi selain ekonomi investor. Merujuk pada jumlah dari modal ekuitas, reinvestasi laba, modal jangka panjang lainnya, dan modal jangka pendek seperti yang ditunjukkan dalam neraca pembayaran. *Foreign direct investment, net (BoP, current US$)*, Investasi asing langsung diukur dari neraca pembayaran melalui selisih antar

investasi asing yang masuk dan keluar dengan acuan nilai dolar Amerika Serikat dari tahun 1994-2020.

4. Populasi Penduduk

   Jumlah penduduk dihitung berdasarkan definisi de facto populasi, yaitu mencakup seluruh penduduk tanpa mempertimbangkan status hukum atau kewarganegaraan mereka. Total populasi dihitung sebagai jumlah penduduk yang terdaftar di lembaga administratif negara pada akhir tahun kalender dari tahun 1994-2020. Populasi penduduk diukur dalam satuan individu/jiwa.

5. Kawasan Hutan

   Kawasan hutan adalah lahan yang ditumbuhi tegakan pohon secara alamiah atau yang ditanam dengan ketinggian minimal 5 meter, baik yang produktif maupun tidak, dan tidak termasuk tegakan pohon dalam sistem produksi pertanian (misalnya, di perkebunan buah dan sistem wanatani) serta pepohonan di taman dan kebun kota. Kawasan hutan diukur dalam satuan kilometer persegi dari tahun 1994-2020.

6. *Energy Use*

   Energy Use per orang tidak hanya mencakup listrik, tetapi juga area konsumsi lainnya termasuk transportasi, pemanas, dan memasak. *Energy use* per individu dihitung sebagai total konsumsi energi dalam suatu negara selama periode waktu tertentu, yang kemudian dibagi dengan jumlah penduduk pada saat itu. *Energy use* diukur dalam satuan kilowatt-jam (kWh) dari tahun 1994-2020.

3.3 Metode Analisis

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dengan metode yang bersifat kuantitatif guna menjelaskan pengaruh hubungan antar variable. Metode analisis menggunakan regresi data panel yang diolah dalam aplikasi Eviews 12. Data panel adalah gabungan data *time series* (deret waktu) dan data *cross section* (data silang). Data *time series* pada penelitian ini yaitu data yang digunakan dari tahun 1994-2020, sedangkan data *cross section* pada penelitian ini terdiri dari 5 negara yaitu Brazil, Russia, India, China, dan Afrika Selatan, sehingga penelitian ini memiliki total observasi sebanyak 135. Menurut Agus Widarjono (2013) data panel memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Dapat menyediakan jumlah data lebih banyak
2. Dapat menghasilkan derajat kebebasan lebih besar
3. Dapat mengatasi persoalan yang muncul saat terjadi masalah penghilangan variable

Variabel dependen berupa Emisi Karbondioksida (CO2),sedangkan variabel independennya berupa *Gross Domestic Bruto* (GDP), *Foreign Direct Invesment* (FDI), Populasi Penduduk (PP), *Forest Area* (FA) dan *Energy Use* (EU).Agar mengetahui pengaruh antar variabel dapat merumuskan model sebagai berikut:

CO2 = f (GDP,FDI,PP,FA,EU)

Tabel 1. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data

Variabel	Simbol	Satuan	Sumber Data
Emisi Karbondioksida	CO2	Metrik Ton Per kapita	world bank
Gross Domestic Product	GDP	*Current US$*	world bank
Foreign Direct Investment	FDI	*Current US$*	world bank
Populasi Penduduk	PP	Individu/Jiwa	world bank
Forest Area	FA	*Sq. km*	world bank
Energy Use	EU	*KwH*	*ourworldindata*

Berdasarkan table diatas maka model dari analisis ini sebagai berikut:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 FDI_{it} + \beta_3 PP_{it} + \beta_4 FA_{it} + \beta_5 EU_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

$CO2_{it}$ adalah nlai Emisi Karbondioksida negara BRICS (*metric ton percapita*)

GDP_{it} adalah nilai *Gross Domestic Product* negara BRICS (*current international $*)

FDI_{it} adalah nilai *Foreign Direct Invesment* negara BRICS (*current international $*)

PP_{it} adalah nilai Populasi Penduduk negara BRICS (jiwa)

FA_{it} adalah nilai *Forest Area* negara BRICS (kilometer persegi)

EU_{it} adalah nilai *Energy Use* negara BRICS (*kWh*)

β adalah Konstanta

$\beta_{1,2,3,4,5,}$ adalah Koefisien

ε adalah *Residual (error term)*

i adalah Negara Anggota BRICS

3.3.1 Model Regresi Data Panel

Terdapat tiga teknik pendekatan, yaitu melibatkan *Common Effect,* pendekatan efek tetap *(Fixed Effect)*, dan pendekatan efek acak *(Random Effect)*. Berikut adalah penjelasan mengenai ketiga model pendekatan dalam analisis data panel:

3.3.1.1 *Common Effect Model*

Common Effect Model, atau CEM, adalah suatu teknik yang sangat sederhana yang juga dikenal sebagai estimasi CEM atau *pooled least square*. Pendekatan ini tanpa mempertimbangkan dimensi individual ataupun waktu, dengan mengasumsikan bahwa perilaku antar individu tetap konsisten sepanjang periode. Model ini secara simpel menggabungkan data time series dan *cross section* dalam bentuk pool, lalu mengestimasinya menggunakan metode kuadrat terkecil bersamaan *(pooled least square)*. Dalam penerapan pendekatan ini, diasumsikan bahwa nilai intercept dari setiap variabel adalah seragam, demikian pula dengan koefisien *slope* untuk semua unit *cross-section* dan *time series*. Dengan asumsi ini, model CEM dapat diartikan sebagai berikut:

$$Yit = \alpha + ß\ Xit + uit\ ;\ i = 1,2,....,N;\ t = 1,2,….., T$$

Dalam konteks ini, variabel i merujuk pada *cross section* atau individu, sementara variabel t merujuk pada periode waktu. Dengan mengasumsikan bahwa kesalahan dalam proses kuadrat terkecil biasa adalah komponen terpisah, proses estimasi dapat dilakukan secara terpisah untuk setiap unit *cross section*.

3.3.1.2 *Fixed Effect Model*

Dalam *Model Fixed Effects*, diakui adanya perbedaan efek antar individu, yang dapat diakomodasi melalui variasi pada intercept. Dalam kerangka *Model Fixed Effects*, setiap individu dianggap sebagai parameter yang tidak diketahui dan akan diestimasi menggunakan teknik variabel *dummy*. Suatu cara untuk memasukkan unit *cross-section* ke dalam model regresi panel adalah dengan memperbolehkan terdapat nilai *intercept* yang berbeda-beda untuk setiap unit *cross-section*, sementara pada saat yang sama tetap mempertahankan asumsi bahwa koefisien *slope* tetap konstan. Model FEM (*Fixed Effects Model*) dapat diungkapkan sebagai berikut:

$$Yit = \alpha i + ß\ Xit + uit\ ;\ i = 1,2,....,N;\ t = 1,2,….., T$$

Metode ini dikenal sebagai *Least Square Dummy Variables* (LSDV). Selain berfungsi untuk mengatasi efek individu, LSDV juga dapat menyertakan efek waktu yang bersifat sistemik. Pendekatan ini dapat dijalankan dengan menambahkan variabel *dummy* waktu ke dalam struktur model.

3.3.1.3 *Random Effect Model*

Tidak seperti dalam model efek tetap, di mana efek khusus dari masing-masing individu dianggap sebagai bagian dari komponen kesalahan yang acak dan tidak berkorelasi dengan variabel penjelas yang diamati, jenis model ini dikenal sebagai model efek acak (REM), yang juga sering disebut sebagai model komponen kesalahan (ECM). Dalam model REM, αi diasumsikan sebagai variabel acak dengan rata-rata $\alpha 0$, sehingga intersep dapat diungkapkan sebagai $\alpha i = \alpha 0 + \varepsilon i$, dengan εi sebagai kesalahan acak yang memiliki rata-rata 0 dan varians $\sigma 2\varepsilon i$. εi tidak dapat diamati secara langsung dan sering disebut sebagai variabel laten. Persamaan model REM dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Yit = \alpha 0 + ß\ Xit + wit\ ;\ i = 1,2,....,N;\ t = 1,2,….., T$$

Dalam persamaan $wit = \varepsilon i + uit$, istilah error gabungan wit terdiri dari dua komponen *error*, dimana εi adalah komponen error *cross section* dan uit adalah kombinasi komponen *error cross section* dan *time series*. Oleh karena itu, menggunakan metode OLS tidak efisien untuk menghasilkan estimator dalam konteks model efek acak. Metode yang lebih akurat untuk melakukan estimasi dalam model efek acak adalah *Generalized Least Squares (GLS)* dengan asumsi *homoskedastisitas* dan ketiadaan korelasi antar *cross section*.

3.3.2 Pemilihan Model Regresi

Dari ketiga model yang telah diestimasi, akan dipilih model yang paling sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk menentukan model yang paling tepat, dapat dilakukan tahapan uji (*test*) yang menjadi alat dalam pemilihan model regresi data panel, seperti *Common Effect Model (CEM), Fixed Effect Model (FEM),* atau *Random Effect Model (REM).*

3.3.2.1 Uji *Chow*

Uji *Chow-Test* memiliki tujuan untuk melakukan pengujian, perbandingan, dan pemilihan model terbaik antara *Common Effect* dan *Fixed Effect* dalam konteks regresi data panel. Langkah-langkah yang dilakukan dalam Uji *Chow-Test* adalah sebagai berikut:

1) Estimasi dengan menggunakan *Fixed Effect*

2) Pengujian dengan menggunakan *Chow*-test

3) Melihat nilai *probabilitas* F dan Chi-square dengan mengasumsikan :

   a. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square > α = 5%, maka pengujian regresi data panel menggunakan model *Common Effect*.

   b. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square < α = 5%, maka pengujian regresi data panel menggunakan model *Fixed Effect*

Atau pengujian F Test ini dapat dilakukan dengan merumuskan hipotesis sebagai berikut:

H0: *Common Effect* (CE)

H1: *Fixed Effect* Model

H0: ditolak jika nilai F hitung > F tabel, atau bisa juga dengan:

H0: ditolak jika nilai *Probabilitas* F < α (dengan α 5%)

Uji F dilakukan dengan memeriksa nilai *probabilitas* (Prob.) untuk *Cross-section* F. Apabila nilai tersebut lebih dari 0,05 (yang telah ditetapkan pada awal sebagai tingkat signifikansi atau alpha), maka model yang dipilih adalah CEM. Namun, jika nilai tersebut kurang dari 0,05, maka model yang dipilih adalah FEM.

4) Jika berdasarkan Uji *Chow*-Test dipilih model *Common Effect*, maka uji regresi data panel akan dilakukan secara langsung. Namun, apabila yang terpilih adalah model *Fixed Effect*, maka Uji *Hausman-test* akan dilakukan untuk menentukan apakah model yang digunakan sebaiknya *Fixed Effect* atau *Random Effect* dalam melakukan uji regresi data panel.

3.3.2.2Uji Hausman

Uji *Hausman test* dilakukan untuk membandingkan dan memilih model terbaik antara *Fixed Effect*s dan *Random Effect*s yang akan diterapkan dalam analisis regresi

data panel. Langkah-langkah yang dilakukan dalam *Hausman-test* adalah sebagai berikut:

1) Estimasi dengan menggunakan *Random Effect*
2) Pengujian dengan menggunakan *Hausman-test*
3) Melihat nilai *probabilitas* F dan Chi-square dengan mengasumsikan :
   a. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square > α = 5%, maka pengujian regresi data panel menggunakan model *Random Effect*.
   b. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square < α = 5%, maka pengujian regresi data panel menggunakan model *Fixed Effect*

Atau pengujian dapat dilakukan dengan merumuskan hipotesis sebagai berikut:

H0: *Random Effect* Model

H1: *Fixed Effect* Model

Ho ditolak jika P-value lebih kecil dari nilai α.

Ho diterima jika P-value lebih besar dari nilai α.

Nilai α yang digunakan adalah 5%.

Uji *Hausman* dinilai berdasarkan nilai *probabilitas* dari *cross section Random Effect* model. Jika nilai *probabilitas* dalam uji *Hausman* kurang dari 5%, maka hipotesis nol (Ho) akan ditolak, menunjukkan bahwa model yang sesuai untuk persamaan analisis regresi tersebut adalah model *Fixed Effect*. Sebaliknya, jika nilai *probabilitas* dalam uji *Hausman* lebih dari 5%, maka hipotesis alternatif (Ha) diterima, menunjukkan bahwa model *Fixed Effect* tidak sesuai.

3.3.2.3Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

Tujuan dari Uji *Lagrange Multiplier* (LM) adalah untuk membandingkan antara metode *Common Effect*s dan metode *Random Effect*s. Langkah-langkah yang dilakukan dalam *Lagrange Multiplier-Test* adalah sebagai berikut:

1) Estimasi dengan menggunakan *Common Effect*
2) Pengujian dengan menggunakan *Lagrange Multiplier-Test*
3) Melihat nilai *probabilitas* F dan Chi-square dengan mengasumsikan:

a. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square > α = 5%, maka pengujian regresi data panel menggunakan model *Common Effect*.

b. Jika nilai *probabilitas* F dan Chi-square < α = 5%, maka pengujian regresi data menggunakan model *Random Effect* Atau pengujian dapat dilakukan dengan merumuskan hipotesis sebagai berikut :

H0: *Common Effect* Model

H1: *Random Effect*

Jika nilai *probabilitas* dalam Uji *Lagrange Multiplier* (LM) kurang dari 5%, maka hipotesis nol (Ho) akan ditolak, menunjukkan bahwa model yang sesuai untuk persamaan analisis regresi tersebut adalah model *Random Effect*. Sebaliknya, jika nilai *probabilitas* dalam Uji *Lagrange Multiplier* (LM) lebih dari 5%, maka hipotesis alternatif (Ha) diterima, menunjukkan bahwa model *Random Effect* tidak sesuai.

3.3.3 Uji Hipotesis

Uji hipotesis adalah suatu pendekatan pengambilan keputusan yang berasal dari analisis data, baik yang diperoleh melalui eksperimen terkontrol maupun observasi yang tidak terkontrol. Untuk mengetahui hubungan antar variabel independen yaitu GDP, FDI, Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* dengan variabel dependen Emisi Karbondioksida makan dilakukan pengujian menggunakan Uji F (Uji Simultan), Uji t (Uji Parsial), dan Koefisien Determinasi (R^2).

3.3.3.1 Uji Simultan (Uji F)

Uji F-statistik digunakan untuk menilai pengaruh variabel bebas terhadap variabel tak bebas secara keseluruhan (simultan). Pengujian ini melibatkan perbandingan nilai α yang umumnya ditetapkan pada 0.05 atau 5%. Uji F-statistik biasanya dilakukan untuk memeriksa signifikansi model regresi.

a. Ho diterima dan Ha ditolak, apabila signifikan F > 0.05 atau F-hitung < F tabel
b. Ho ditolak dan Ha diterima, apabila signifikan F< 0.05 atau F-hitung > F table

3.3.3.2 Uji t-statistik

Uji t-statistik dilakukan untuk menguji dampak parsial variabel-variabel bebas terhadap variabel tak bebas. Pengujian ini umumnya berupa uji hipotesis yang bertujuan untuk menilai signifikansi pengaruh variabel-variabel tersebut secara individu pada model regresi.

a. Ho diterima dan Ha ditolak, jika signifikan t > 0.005 atau t-hitung < t-table
b. Ho ditolak dan Ha diterima, jika signifikan t < 0.005 atau t-hitung > t-table

Menetapkan wilayah penerimaan dengan memanfaatkan uji t. Poin kritis ditemukan dari tabel distribusi t dengan tingkat kesalahan atau tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05 dan derajat kebebasan (df) = n-1-k, di mana n adalah jumlah sampel, dan k adalah jumlah variabel bebas.

3.3.3.3 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R2) digunakan untuk menilai sejauh mana variabel bebas dapat menjelaskan variasi pada variabel terikat. Koefisien ini mencerminkan sejauh mana variasi total dalam variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas dalam model regresi. Rentang nilai koefisien determinasi adalah antara 0 hingga 1. Nilai (R2) mendekati 1 menunjukkan bahwa variabel dalam model dapat efektif mewakili permasalahan yang diteliti karena mampu menjelaskan variasi pada variabel dependennya. Sebaliknya, nilai (R2) mendekati atau sama dengan 0 menandakan bahwa variabel dalam model tidak dapat menjelaskan variasi pada variabel terikat. Nilai koefisien determinasi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah variabel bebas dan jumlah data yang diobservasi. Maka dengan itu dilakukan ukuran adjusted (R2) sebagai berikut:

Koefisien Determinasi (R^2) = R – Squared x 100%

Ukuran tersebut berperan sebagai penghilang bias akibat adanya penambahan jumlah variabel bebas dan jumlah data yang diobservasi.

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1 Deskripsi Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan model data sekunder yang diperoleh dari *World Bank* dan *Our World in Data* masing masing negara BRICS (Brazil, Russia, India, China, dan *South Africa*) dari berbagai tahun. Penelitian ini menggunakan data panel 27 tahun dalam kurun waktu 1994-2020 dengan menggunakan alat bantu aplikasi Eviews 12. Penelitian ini mengambil objek negara dari belahan benua yaitu Brazil, Russia, India, China, dan *South Africa*. Dengan menggunakan 5 variabel independen yakni *Gross Domestic Bruto, Foreign Direct Invesment,* Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use*, sedangkan untuk variabel dependennya yakni emisi karbondioksida (CO2).

Memahami karakteristik data merupakan langkah awal sebelum melakukan analisis lebih lanjut. Terdapat enam variabel yang tersajikan pada Tabel 2. yakni variabel CO2, GDP, FDI, populasi penduduk, *Forest Area,* dan *energy use.*

Tabel 2. Statistik Deskriptif

	CO2	GDP	FDI	PP	FA	EU
Mean	5.309.147	4.08E+12	-2.67E+10	5.76E+08	3240490.	2.328.993
Maximum	1.188.495	2.43E+13	4.17E+10	1.41E+09	8153116.	5.800.000
Minimum	0.725622	2.91E+11	-2.32E+11	43267982	170500.9	3.000.000
Std. Dev.	3.788.484	4.92E+12	4.46E+10	5.58E+08	3036129.	1.699.496
Observations	135	135	135	135	135	135

Sumber : Data diolah

Berdasarkan analisis tersebut, emisi karbondioksida pada kelima negara BRICS tersebut memiliki rata rata sebesar 5,3 metric ton. Nilai maksimal dari variabel emisi karbondioksida sebesar 1,1 metric ton. Sedangkan nilai minimum dari variabel emisi karbondioksida sebesar 0,7 metric ton.

Untuk nilai rata rata dari GDP negara BRICS sebesar 4,080 miliar. Nilai maksimal dari variabel GDP 24,300 triliun dan untuk nilai minimum variabel GDP sebesar 291 miliar.

Variabel FDI dari negara BRICS memiliki nilai rata rata sebesar -26,700 miliar. Nilai maksimal dari variabel FDI sebesar 41,700 miliar. Sedangkan nilai minimum dari variabel FDI -232 miliar.

Populasi penduduk dari negara BRICS memiliki nilai rata rata 576 juta jiwa dan untuk maksimal populasi penduduk sebesar 141 juta jiwa serta untuk nilai minimum 43.267.982 jiwa.

Forest Area negara BRICS memiliki nilai rata rata 3.240.490 km dan nilai maksimal dari variabel *Forest Area* sebesar 8.153.116 km serta nilai minimum dari variabel *Forest Area* sebesar 170.500,9 km.

Energy Use dari negara BRICS memiliki nilai rata rata 2.328.993 *kWh* dan nilai maksimal dari variabel *Energy Use* sebesar 5.800.000 *kWh* serta nilai minimum dari *Energy Use* sebesar 3.000.000

4.2 Pemilihan Model Regresi

Regresi data panel dapat dilakukan melalui pengujian tiga model analisis, yaitu common, fixed, dan random effect. Setiap model memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Tabel 3 menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Pendekatan Model Regresi Data Panel

Variabel	Common Effect		Fixed Effect		Random Effect	
	Coefficient	Prob.	Coefficient	Prob.	Coefficient	Prob.
GDP	4.00E-15	0.7804	6.51E-14	0.0374	-	-
FDI	-2.97E-12	0.0140	-3.69E-12	0.0024	-	-
PP	2.99E-10	0.0268	-4.45E-10	0.5356	-	-
FA	-4.48E-07	0.0000	8.79E-07	0.0026	-	-
EU	0.275009	0.0000	0.175028	0.0000	-	-
C	0.088337	0.4691	-1.723.641	0.1852	-	-

Sumber : Data diolah

Uji Lagrange Multiplier

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) adalah untuk membandingkan antara metode *Common Effect*s dan metode *Random Effect*s. Tabel 4 menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Uji Lagrange Multiplier

Test Hypothesis			
	Cross-section	Time	Both
Breusch-Pagan	1.026.953	5.026.614	1.529.614
	(0.0014)	(0.0250)	(0.0001)

Sumber : Data diolah

H0: *Common Effect* Model

H1: *Random Effect*

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai *probabilitas Breusch-Pagan* sebesar 0.0000 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak, maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa model menggunakan *Random Effect*.

Uji *Chow*

Uji Chow-Test memiliki tujuan untuk melakukan pengujian, perbandingan, dan pemilihan model terbaik antara Common Effect dan Fixed Effect dalam konteks regresi data panel. Tabel 5 menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Uji Chow

Effects Test	Statistic	Prob.
Cross-section F	21.637.399	0.0000
Cross-section Chi-square	71.029.673	0.0000

Sumber : Data diolah

H0: *Common Effect*

H1: *Fixed Effect* Model

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai *probabilitas Cross section* F sebesar 0.0000 < 0.005 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak, maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa model menggunakan *Fixed Effect*.

Uji *Hausman*

Uji *Hausman test* dilakukan untuk membandingkan dan memilih model terbaik antara *Fixed Effect*s dan *Random Effect*s yang akan diterapkan dalam analisis regresi data panel. Tabel 6 menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Prob.
Cross-section random	-	-

Sumber : Data diolah

Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat kendala pada pengujian Hausman. Sebab estimasi *Random Effect* membutuhkan jumlah unit cross-section harus lebih dari

jumlah data runtun waktu. Damodar N. Gujarati (2009) jika T (jumlah data runtun waktu) lebih besar dan N (jumlah unit cross-sectional) lebih kecil, maka dapat disimpulkan bahwa model menggunakan *Fixed Effect*).

4.3 Estimasi Model *Fixed Effect*

Dengan terpilihnya model *Fixed Effect* maka dilakukan pemeriksaan regresi data panel yang terdiri dari uji simultan (uji F), uji parsial (uji t), dan koefisien derminasi.

Tabel 7. Model Regresi Terpilih (*Fixed Effect*)

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	6.51E-14	3.09E-14	2.104.281	0.0374
FDI	-3.69E-12	1.19E-12	-3.105.227	0.0024
PP	-4.45E-10	7.16E-10	-0.621234	0.5356
FA	8.79E-07	2.86E-07	3.073.622	0.0026
EU	0.175028	0.023776	7.361.510	0.0000
C	-1.723.641	1.293.919	-1.332.108	0.1852
R-squared		0.991099	F-statistic	1.546.560
Adjusted R-squared		0.990459	Prob(F-statistic)	0.000000

Sumber : Data diolah

Berdasarkan tabel 7. Didapatkan persamaan sebagai berikut:

Hasil persamaan dari model *Fixed Effect* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CO2 = -1.723641 + 6.51E\text{-}14GDP + -3.69E\text{-}12FDI + -4.45E\text{-}10PP + 8.79E\text{-}07FA + 0.175028EU + e$$

CO2 adalah nilai Emisi Karbondioksida negara BRICS (*metric ton percapita*)

GDP adalah nilai *Gross Domestic Product* negara BRICS(*current international $*)

FDI adalah nilai *Foreign Direct Invesment* negara BRICS(*current international $*)

PP adalah nilai Populasi Penduduk negara BRICS (jiwa)

FA adalah nilai *Forest Area* negara BRICS (kilometer persegi)

EU adalah nilai *Energy Use* negara BRICS (*kWh*)

e adalah Error terms

Uji Simultan (Uji F)

Uji F berperan untuk melihat apakah variabel independent secara simultan atau bersamaan signifikan mempengaruhi variabel dependen. Berdasarkan hasil yang

diperoleh, nilai dari *probabilitas* F sebesar 0.000000 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa variabel independen secara simultan atau bersamaan mepengaruhi variabel dependen.

Uji t-statistik

Pada pengujian t-statistik berperan untuk melihat seberapa jauh suatu variabel indipenden secara parsial atau individu berpengaruh terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Uji koefisien Variabel *Gross Domestic Product* terhadap Emisi Karbondioksida

Diperoleh nilai *probabilitas* sebesar 0.0374 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel *Gross Domestic Product* memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi Karbondioksida. Hasil penelitian ini yang menyatakan didukung oleh penelitian sebelumnya dimana perekonomian disebuah negara mayoritas ditopang kegiatan industri dan menggunakan fosil (Winda,B.S., dan Falianty,T.A.2023) dan Ramadhan, *et al.* (2023).

Uji koefisien Variabel *Foreign Direct Invesment* terhadap Emisi Karbondioksida

Diperoleh nilai *probabilitas* sebesar 0.0024 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel *Foreign Direct Invesment* memiliki pengaruh signifikan negatif terhadap Emisi Karbondioksida. Hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan hipotesis. Hal ini disebabkan oleh asumsi bahwa perusahaan milik asing lebih hemat energi dan menggunakan proses produksi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan perusahaan dalam negri dan juga BRICS sedikit menerima investasi asing dan cenderung lebih banyak investasi asing yang keluar atau menjadi investor.

Uji koefisien Variabel Populasi Penduduk terhadap Emisi Karbondioksida

Diperoleh nilai *probabilitas* sebesar 0.5356 > 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 diterima. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Populasi Penduduk tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi Karbondioksida. Hasil

yang diperoleh tidak sesuai dengan hipotesis. Hal ini disebabkan implementasi kebijakan lingkungan yang efektif dapat membantu mengendalikan emisi karbon meskipun ada peningkatan populasi.

Uji koefisien Variabel *Forest Area* terhadap Emisi Karbondioksida

Diperoleh nilai *probabilitas* sebesar 0.0026 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel *Forest Area* memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi Karbondioksida. Hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan hipotesis. Hal ini disebabkan kemungkinan aktivitas deforestasi atau penggundulan hutan yang signifikan, ini dapat mengakibatkan pelepasan besar-besaran karbon dioksida ke atmosfer.

Uji koefisien Variabel *Energy Use* terhadap Emisi Karbondioksida

Diperoleh nilai *probabilitas* sebesar 0.0000 < 0.05 atau alpha (5%) yang berarti H0 ditolak. Maka dengan ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel *Energy Use* memiliki pengaruh signifikan terhadap Emisi Karbondioksida. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa komponen penggerak aktivitas ekonomi yakni energi, akan tetapi dalam penggunaan energi dapat mencemarkan lingkungan dari limbah dan polusi yang bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil. Hasil ini sesuai dengan penelitian Adha, I. S. (2023).

Koefisien Determinasi

Pada pengujian koefisien determinasi variabel yang dimasukkan ke dalam model diukur seberapa besar dan dapat menjelaskan seberapa mampu variabel independen menjelaskan variabel dependen. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai *R-Squared* pada model regresi data panel menggunakan metode *Fixed Effect model* sebesar 0.991099. maka dapat disimpulkan bahwa variasi dalam model sebesar 99,1%. Maka dengan ini variasi variabel *Gross Domestic Bruto, Foreign Direct Invesment,* populasi penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* mampu menjelaskan variasi variabel emisi karbondioksida. Sedangkan, nilai 0,9% dijelaskan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

Cross section Effect

Perbedaan konstanta pada setiap negara terlihat dari *cross section Fixed Effect* sebagai berikut:

Tabel 8. Koefisien Intersep *Cross Effect*

Variabel	Koefisien C	Effect	Hasil
Brazil	-1.723.641	-3.780.532	-5.504.173
Russian Federation	-1.723.641	-3.716.377	-5.440.018
India	-1.723.641	1.695.294	-28.347
China	-1.723.641	1.543.626	-180.015
South Africa	-1.723.641	4.257.990	2.534.349

Sumber : Data diolah

Brazil

CO2 = -5.504.173 + 6.51E-14GDP + -3.69E-12FDI + -4.45E-10PP + 8.79E-07FA + 0.175028EU

Russia Federation

CO2= -5.440.018+ 6.51E-14GDP + -3.69E-12FDI+ -4.45E-10PP + 8.79E-07FA + 0.175028EU

India

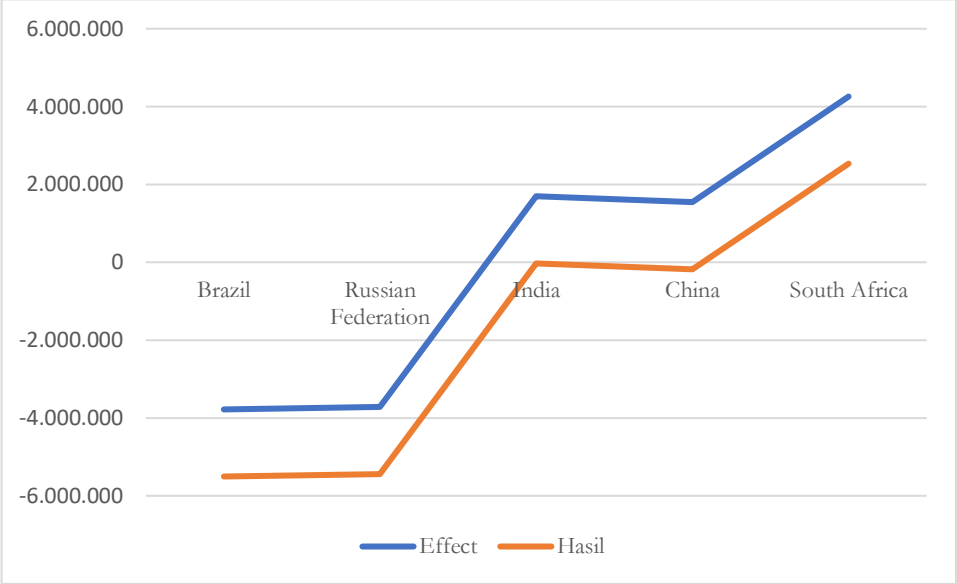
CO2 = -28.347+ 6.51E-14GDP + -3.69E-12FDI + -4.45E-10PP + 8.79E-07FA + 0.175028EU

China

CO2 = -180.015 + 6.51E-14GDP + -3.69E-12FDI + -4.45E-10PP + 8.79E-07FA + 0.175028EU

South Africa

CO2 = 2.534.349 + 6.51E-14GDP + -3.69E-12FDI + -4.45E-10PP + 8.79E-07FA + 0.175028EU



Sumber : Data diolah

Gambar 10. *Cross Effect*

Berdasarkan grafik diatas bahwasanya negara South Africa memiliki nilai konstanta emisi karbondioksida tertinggi yakni sebesar 2.534.349 kemudian negara terendah adalah Brazil yakni sebesar -5.504.173.

4.4 Analisis Ekonomi

Pengaruh *Gross Domestic Product* terhadap Emisi Karbondioksida

Berdasarkan hasil estimasi, nilai koefisien sebesar 6.51E-14 dan berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida. Maka dapat diartikan bahwa kenaikan *Gross Domestic Product* negara BRICS sebesar 1 US$ akan meningkatkan emisi karbondioksida sebesar 6.51E-14 *metric ton percapita*. Hal ini sesuai dengan teori *Environmental Kuznets Curve* dimana konsep tersebut dijelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan, ketika suatu negara memulai upaya pengembangan ekonominya atau ketika ekonomi mulai tumbuh, tingkat degradasi lingkungan kemungkinan akan tinggi. Penelitian ini juga mendukung penelitian sebelumnya dimana perekonomian di sebuah negara mayoritas ditopang oleh kegiatan industri dan menggunakan energi fosil (Winda, B. S., & Falianty, T. A. 2023).

Pengaruh *Foreign Direct Invesment* terhadap Emisi Karbondioksida

Berdasarkan hasil estimasi nilai koefisien sebesar -3.69E-12 dan berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida. Maka dapat diartikan bahwa kenaikan *Foreign Direct Invesment* negara BRICS sebesar 1 US$ akan menurunkan emisi karbondioksida sebesar 3.69E-12 *metric ton percapita*. Hal ini terjadi disebabkan negara BRICS sedikit menerima investasi asing dan cenderung lebih banyak investasi asing yang keluar atau menjadi investor. Akan tetapi, jumlah investasi asing yang masuk ke negara BRICS masih mempengaruhi terhadap emisi karbondioksida.

Pengaruh Populasi Penduduk terhadap Emisi Karbondioksida

Berdasarkan hasil estimasi nilai koefisien sebesar -4.45E-10 dan tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor lain seperti sumber daya manusia yang sadar akan pentingnya menjaga lingkungan dan kebijakan lingkungan yang ketat dengan meningkatkan sumber energi terbarukan.

Pengaruh *Forest Area* terhadap Emisi Karbondioksida

Berdasarkan hasil estimasi nilai koefisien sebesar 8.79E-07 dan berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida. Maka dapat diartikan bahwa kenaikan dari *Forest Area* negara BRICS sebesar 1 km persegi akan meningkatkan emisi karbondioksida sebesar 8.79E-07 *metric ton percapita*. Hal ini disebabkan Stres ekologi pada kawasan hutan, termasuk perubahan iklim, serangan hama, dan penyakit, mengurangi kemampuan hutan dalam menyimpan karbon. Deforestasi atau penggundulan hutan juga bisa menyebabkan pelepasan besar-besaran karbon dioksida ke atmosfer.

Pengaruh *Energy Use* terhadap Emisi Karbondioksida

Berdasarkan hasil estimasi nilai koefisien sebesar 0.175028 dan berpengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida. Maka dapat diartikan bahwa kenaikan dari *Energy Use* negara BRICS sebesar 1 k*Wh* akan meningkatkan emisi karbondioksida sebesar 0.175028 *metric ton percapita*. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yakni komponen penting dalam penggerak aktivitas ekonomi yakni energi, akan tetapi dalam

hal penggunaannya energi dapat mencemarkan lingkungan dari limbah dan polusi yang bersumber dari hasil pembakaran bahan bakar fosil Adha, I. S. (2023).

BAB V
SIMPULAN DAN IMPLIKASI

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan terdapat pengaruh *Gross Domestic Product, Foreign Direct Invesment,* Populasi Penduduk, *Forest Area*, dan *Energy Use* terhadap emisi karbondioksida di negara anggota BRICS dari tahun 1994 hingga 2020. Maka dengan ini dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut

1. Variabel *Gross Domestic Product* berpengaruh posistif terhadap emisi karbondioksida, hal ini mengindikasikan bahwa kenaikan dari *Gross Domestic Product* mampu meningkatkan emisi karbondioksida. Hal ini sejalan dengan teori *Environmental Kuznets Curve*, pada tahap awal pembangunan, ketika suatu negara memulai upaya pengembangan ekonominya atau ketika ekonomi mulai tumbuh, tingkat degradasi lingkungan kemungkinan akan tinggi.
2. Variabel *Foreign Direct Invesment* berpengaruh negatif terhadap emisi karbondioksida hal ini tidak sesuai dengan hipotesis, kenaikan dari *Foreign Direct Invesment* mampu menurunkan emisi karbondioksida. Hal ini dikarenakan oleh asumsi bahwa perusahaan milik asing lebih hemat energi dan menggunakan proses produksi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan perusahaan dalam negri dan juga BRICS sedikit menerima investasi asing dan cenderung lebih banyak investasi asing yang keluar atau menjadi investor.
3. Variabel populasi penduduk tidak berpengaruh terhadap emisi karbondioksida. Hal ini dikarenakan oleh asumsi kesadaran sumber daya manusia tentang pentingnya menjaga lingkungan dan kebijakan lingkungan yang ketat, termasuk peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan.
4. Variabel *Forest Area* berpengaruh signifikan positif terhadap emisi karbondioksida, hal ini tidak sesuai dengan hipotesis bahwa kenaikan dari *Forest Area* meningkatkan emisi karbondioksida Hal ini dikarenakan oleh asumsi stres ekologi pada kawasan hutan, termasuk perubahan iklim, serangan hama, dan penyakit, mengurangi kemampuan hutan dalam menyimpan karbon. Deforestasi atau penggundulan hutan juga bisa menyebabkan pelepasan besar-besaran karbon dioksida ke atmosfer.

5. Variabel E*nergy Use* berpengaruh positif terhadap emisi karbondioksida, hal ini mengindikasikan bahwa kenaikan dari E*nergy Use* mampu meningkatkan emisi karbondioksida. Hal ini sejalan dengan komponen penggerak aktivitas ekonomi yakni energi, akan tetapi dalam penggunaan energi dapat mencemarkan lingkungan dari limbah dan polusi yang bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil.
6. South Africa memiliki tingkat emisi karbondioksida tertinggi yang mungkin disebabkan oleh aktivitas industri dan produksi energi, kemudian Brazil memiliki tingkat emisi karbondioksida terendah serta memiliki pengelolaan emisi karbondioksida dengan baik.

5.2 Implikasi

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan diatas, maka terdapat implikasi sebagai berikut:

1. Keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan menjadi semakin penting. Tindakan yang memungkinkan pertumbuhan ekonomi sekaligus mengurangi dampak pada emisi karbon perlu diperhatikan.
2. Pentingnya menerapkan kebijakan lingkungan yang berpihak pada keberlanjutan dengan memasukkan pertimbangan lingkungan dalam kebijakan FDI. Kebijakan ini dapat mencakup regulasi lingkungan, insentif untuk teknologi bersih, dan praktek pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.
3. Meskipun populasi penduduk tidak langsung berdampak pada emisi karbon, perubahan populasi tetap menimbulkan tantangan dalam pengelolaan sumber daya, pembangunan perkotaan, dan infrastruktur. Sebab, peningkatan populasi penduduk menyertai peningkatan kebutuhan energi, produksi, dan konsumsi, yang dapat meningkatkan emisi karbon.
4. Kesenjangan antara kenaikan *Forest Area* dan peningkatan emisi karbon mungkin menunjukkan adanya praktik pengelolaan hutan yang tidak berkelanjutan, termasuk tebang habis atau pengelolaan yang merusak lingkungan.
5. Pentingnya beralih ke sumber energi terbarukan menjadi lebih jelas. Investasi dan kebijakan yang mendukung energi terbarukan dan efisiensi energi dapat membantu mengurangi dampak negatif pada emisi karbon.

6. Tingginya tingkat emisi karbon di South Africa mungkin menunjukkan adanya tantangan dalam mengelola dampak lingkungan dari aktivitas industri dan produksi energi. Kebijakan dan tindakan perlu diperhatikan untuk meminimalkan emisi dari sektor-sektor ini. Brazil, dengan tingkat emisi karbon yang rendah, mungkin memiliki kebijakan atau praktik pengelolaan emisi yang efektif. Ini bisa melibatkan penekanan pada sumber energi bersih, pengelolaan hutan yang berkelanjutan, atau inisiatif keberlanjutan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, I. S. (2023). Pengaruh *Gross Domestic Bruto* , Konsumsi Energi Dan Luas Kawasan Hutan Terhadap Emisi Karbondioksida Di ASEAN-5.

Arief, A. 2001. Hutan dan Kehutanan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2017). North-South trade and the environment. In *International Trade and the Environment* (pp. 205-238). Routledge.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. McGraw-hill.

Demissew Beyene, S., & Kotosz, B. (2020). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis: an empirical study for East African countries. *International Journal of Environmental Studies*, 77(4), 636-654.

DI Asia, T. D. A. T. Pengujian Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC).

Dumairy. (2004). Perekonomian Indonesia, Cetakan Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta

Dwiprabowo, H., Djaenudin, D., Alviya, I., Wicaksono, D., & Rahayu, I. Y. (2014). Dinamika tutupan lahan: Pengaruh Faktor sosial ekonomi. Penerbit PT Kanisius.

Fauzi, R. (2017). Pengaruh Konsumsi Energi, *Forest Area* dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi CO di 6(Enam)NegaraAnggota ASEAN : PendekatanAnalisis Data Panel 2 Effects of Energy Consumption, *Forest Area*s and Economic Growth toward CO emissions in 6 (six) ASEAN Mem. 11(1), 1–52. http://data.worldbank.org/

Fitriana, Rina. 2008. Mengenal Hutan. Bandung : Putra Setia

Gessesse, A. T., & He, G. (2020). Analysis of carbon dioxide emissions, energy consumption, and economic growth in China.

Ghozali, A., Pamungkas, A. and Santoso, E. B. (2015) „Faktor Keseimbangan Lingkungan Terhadap Emisi Gas CO2 di Wilayah Perkotaan Gresik", pp. 980–989

Harris, J. M. and Brian, R. (2021) Environmental and Natural Resouce Economics. fifth. new york. doi: https://doi.org/10.4324/9781003080640.

Jones, D.W. (1989). Urbanization and Energy Use in Economic Development. The Energy Journal, vol. 10, no. 4, pp. 29--44.

Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relation between Energy and GNP. Journal of Energy and Development, vol. 3, no. 2, pp. 401—403.

Lewis, P. M. (2019). Economic growth and development. Routledge Handbook of Democratization in Africa, 3(1), 419–433. https://doi.org/10.4324/9781315112978-30

Madlener, R., & Sunak, Y. (2011). Impacts of Urbanization on Urban Structures and Energy Demand: What Can We Learn for Urban Energy Planning and Urbanization

Mather, A. S. (1992). The forest transition. Area, 367-379.

Noor, F, H., (2007), Ekonomi Manajerial, Edisi Kesatu, PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta.

Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. Sustainability, 12(19), 7965.

Our World In Data. 2020. Energy use per person (*kWh*). World Bank: World Development Indicators.

Purwanta, W. (2010). Penghitungan emisi karbon dari lima sektor pembangunan berdasar metode IPCC dengan verifikasi faktor emisi dan data aktivitas lokal. Jurnal Teknologi Lingkungan, 11(1), 71-77.

Putri, A. E., & Sasana, H. (2016). Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Fosil Dan Terbarukan Terhadap Emisi Karbondioksida (Studi Kasus: Lima Negara BRICS Tahun 1995-2013) (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomika dan Bisnis).

Ramadhan, H., Nirmala, T., Aida, N., Arivina Ratih, dan, Studi Ekonomi Pembangunan, P., & Lampung, U. (2023). Analisis Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi Gas Karbon Dioksida Pada Negara G20. 03(01), 44–50. https://journal.unbara.ac.id/index.php/klassen

Saidal Siburian, M. M., & Mar, M. (2020). Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca. Kreasi Cendekia Pustaka.

Salvatore, D., 1997. Ekonomi Internasional. Edisi Kelima, Jakarta: Penerbit Erlangga

Sekar Palupi, P. G., Muchtar, M., & Sihombing, P. R. (2023). Pengaruh Pajak Karbon, Penggunaan Bahan Bakar Fosil, Dan Pertumbuhan *GDP* Terhadap Emisi Karbon. *Jurnalku*, 3(2), 119–127. https://doi.org/10.54957/jurnalku.v3i2.385

Setyawati, B. R., Sahirman, S., & Creese, R. C. (2002). Neural networks for cost estimation. AACE International Transactions, ES131.

Siregar, S. W., & Hasbi. (2023). Analisis Pengaruh Keterbukaan Perdagangan, Konsumsi Energi, Dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi Karbon Di Negara D-8. *Jurnal Magister Ekonomi Syariah*, 2(1), 61–77.

Spilker, G., Koubi, V., & Bernauer, T. (2017). International political economy and the environment. Oxford Research Encyclopedia of Politics.

Suparmoko, M. (1997). Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan: Suatu Pendekatan Teoritis (Ed. 3.). Yogyakarta: BPFE.

Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak deforestasi hutan skala besar terhadap pemanasan global di Indonesia. JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan, 6(1), 148-162.

Wang, Q., & Zhang, F. (2020). Does increasing investment in research and development promote economic growth decoupling from carbon emission growth? An empirical analysis of BRICS countries. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119853. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119853

Widarjono, A. 2013.EkonometrikaTeoriDanAplikasiUntukEkonomiDanBisnis.EdisiKetiga. Upp Stim Ykpn. Yogyakarta.

Winda, B. S., & Falianty, T. A. (2023). Pengaruh Foreign Direct Investment Terhadap Emisi Gas CO2 di Negara G20. Al Qalam: *Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, 17(3), 1989. https://doi.org/10.35931/aq.v17i3.2163

WorldBank. 2020. World Development Indicators. https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

Yusril, I. (2023). Analisis Pengaruh Populasi Penduduk, Foreign Direct Invesment (FDI) Dan Control Of Corruption Terhadap Emisi Karbondioksida (Studi Kasus 9 Negara ASEAN Periode 2011-2020).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Variabel

Negara	Tahun	CO2 emissions (metric tons per capita)	GDP, PPP (current international $)	Foreign direct investment, net (BoP, current US$)	Population, (total individuals)	Forest area (sq. km)	Energy use per person(KwH)
Brazil	1994	1,382139692	1.230.569.918.659	-2035000000	160980472	5737742,4	11
Brazil	1995	1,475603559	1.309.440.382.640	-3475000000	163515328	5699933	12
Brazil	1996	1,5804544	1.362.869.157.897	-11667000000	166037122	5662123,6	12
Brazil	1997	1,669181232	1.433.436.057.293	-17877370311	168546707	5624314,2	13
Brazil	1998	1,698944884	1.454.470.819.900	-26001596916	171039804	5586504,8	13
Brazil	1999	1,734769448	1.481.869.627.085	-26888017615	173486281	5548695,4	13
Brazil	2000	1,783500116	1.581.938.922.711	-30497652700	175873720	5510886	13
Brazil	2001	1,792112278	1.640.061.928.805	-24714939372	178211881	5471378,1	13
Brazil	2002	1,760651244	1.716.481.965.947	-14108096193	180476685	5431870,2	13
Brazil	2003	1,701852536	1.770.327.038.985	-9894224671	182629278	5392362,3	13
Brazil	2004	1,778441244	1.922.557.348.335	-8338896460	184722043	5352854,4	13
Brazil	2005	1,775662922	2.046.338.691.499	-12549590735	186797334	5313346,5	14
Brazil	2006	1,777477957	2.193.057.535.044	9380283047	188820682	5273838,6	14
Brazil	2007	1,847975736	2.389.038.740.947	-27518241273	190779453	5234330,7	15
Brazil	2008	1,939215274	2.558.895.374.171	-24601090274	192672317	5194822,8	15
Brazil	2009	1,799328142	2.572.056.702.791	-36032805800	194517549	5155314,9	15
Brazil	2010	2,026605669	2.798.924.733.572	-55626921873	196353492	5115807	16
Brazil	2011	2,11062776	2.970.630.762.100	-86360111205	198185302	5100415,2	17
Brazil	2012	2,271417684	2.998.534.424.981	-90485123670	199977707	5085023,4	17
Brazil	2013	2,413446537	3.133.893.649.535	-59567525425	201721767	5069631,6	17
Brazil	2014	2,51459196	3.187.155.079.572	-67107129352	203459650	5054239,8	18
Brazil	2015	2,365360621	3.014.754.849.736	-61604176365	205188205	5038848	17
Brazil	2016	2,161259847	2.939.094.210.374	-59601145882	206859578	5020821	17
Brazil	2017	2,185486619	3.018.705.988.835	-47544978340	208504960	5000916	17
Brazil	2018	2,064261479	3.146.415.537.924	-76138154756	210166592	4990514	17
Brazil	2019	2,050770129	3.241.959.851.105	-46354807251	211782878	4977985	17
Brazil	2020	1,942523356	3.176.647.148.135	-41253539809	213196304	4966196	16
Russian Federation	1994	11,35415408	851.031.811.019	-378600000	148407912	8090773,4	55
Russian Federation	1995	11,02258551	832.874.933.680	-1459950000	148375787	8091092	52
Russian Federation	1996	10,8070674	817.526.684.921	-1656490000	148160129	8091410,6	50
Russian Federation	1997	10,06999199	843.109.809.493	-1680740000	147915361	8091729,2	47

Russian Federation	1998	10,07623146	807.029.157.571	-1551610000	147670784	8092047,8	47
Negara	**Tahun**	**CO2 emissions (metric tons per capita)**	**GDP, PPP (current international $)**	**Foreign direct investment, net (BoP, current US$)**	**Population, (total individuals)**	**Forest area (sq. km)**	**Energy use per person(KwH)**
Russian Federation	1999	10,35032856	870.676.186.417	-1061410000	147214776	8092366,4	48
Russian Federation	2000	10,6676603	1.000.581.025.238	500800000	146596869	8092685	49
Russian Federation	2001	10,73578414	1.074.585.972.514	-306270000	145976482	8098552,1	50
Russian Federation	2002	10,77263875	1.167.897.269.468	58820000	145306497	8104419,2	50
Russian Federation	2003	11,13039808	1.338.656.016.320	1795350000	144648618	8110286,3	51
Russian Federation	2004	11,11271137	1.473.342.751.156	-1620960000	144067316	8116153,4	52
Russian Federation	2005	11,23185215	1.696.729.209.938	2371590000	143518814	8122020,5	52
Russian Federation	2006	11,5683691	2.133.189.651.013	-7601620000	143049637	8127887,6	55
Russian Federation	2007	11,61126905	2.377.454.045.296	-11072470000	142805114	8133754,7	55
Russian Federation	2008	11,59565409	2.878.201.315.079	-19120290000	142742366	8139621,8	55
Russian Federation	2009	10,83210855	2.768.599.517.940	6697430000	142785349	8145488,9	53
Russian Federation	2010	11,32540095	2.927.003.701.117	9448500000	142849468	8151356	55
Russian Federation	2011	11,8849497	3.259.319.197.327	11767160000	142960908	8150945,72	56
Russian Federation	2012	11,70206537	3.480.299.219.246	-1765140000	143201721	8150535,44	57
Russian Federation	2013	11,37700431	3.741.783.381.914	17287630000	143506995	8150125,16	56
Russian Federation	2014	11,20820771	3.763.534.951.277	35050840000	143819667	8149714,88	56
Russian Federation	2015	11,0520055	3.526.235.948.514	15232100000	144096870	8149304,6	55
Russian Federation	2016	10,88742693	3.538.975.998.888	-10224570000	144342397	8151210,3	56
Russian Federation	2017	11,03519921	3.807.101.264.909	8199590000	144496739	8153116	56
Russian Federation	2018	11,49657125	4.231.842.328.031	22592030000	144477859	8153116	58
Russian Federation	2019	11,79719417	4.412.881.400.997	-10051630000	144406261	8153116	57
Russian Federation	2020	11,23228807	4.395.489.313.845	-3631810000	144073139	8153116	55
India	1994	0,725622135	1.380.191.573.615	-890688166	945261958	653992	3

India	1995	0,76518964	1.515.867.471.307	-2026439031	964279129	657645	3
India	1996	0,787231756	1.660.158.643.052	-2186732315	983281218	661298	3
Negara	**Tahun**	**CO2 emissions (metric tons per capita)**	**GDP, PPP (current international $)**	**Foreign direct investment, net (BoP, current US$)**	**Population, (total individuals)**	**Forest area (sq. km)**	**Energy use per person(KwH)**
India	1997	0,817360076	1.757.179.784.088	-3464411052	1002335230	664951	3
India	1998	0,818720963	1.886.851.860.334	-2587058630	1021434576	668604	3
India	1999	0,866242339	2.082.700.396.480	-2089233597	1040500054	672257	3
India	2000	0,885077949	2.211.693.660.021	-3074684332	1059633675	675910	3
India	2001	0,883746998	2.370.617.125.946	-4073961343	1078970907	677815	3
India	2002	0,897242649	2.499.147.076.015	-3947895992	1098313039	679720	3
India	2003	0,905456602	2.748.789.707.160	-2444138426	1117415123	681625	4
India	2004	0,955470157	3.046.209.539.682	-3592188066	1136264583	683530	4
India	2005	0,984261473	3.390.666.370.804	-4628652265	1154638713	685435	4
India	2006	1,036533922	3.777.034.027.554	-5992285935	1172373788	687340	4
India	2007	1,123599482	4.176.280.771.104	-8201628958	1189691809	689245	4
India	2008	1,180361247	4.387.760.606.409	-24149749830	1206734806	691150	5
India	2009	1,278873603	4.763.056.069.775	-19485789183	1223640160	693055	5
India	2010	1,338033835	5.229.906.990.844	-11428785746	1240613620	694960	5
India	2011	1,396878498	5.618.380.734.787	-23890659988	1257621191	697624	5
India	2012	1,498204123	6.153.155.417.048	-15442447343	1274487215	700288	5
India	2013	1,5276744	6.477.517.561.943	-26388082470	1291132063	702952	6
India	2014	1,642465277	6.781.021.982.582	-22890162761	1307246509	705616	6
India	2015	1,631323487	7.159.798.324.012	-36495216491	1322866505	708280	6
India	2016	1,639914019	7.735.001.687.458	-39411278940	1338636340	710944	6
India	2017	1,704926721	8.276.934.253.114	-28875941053	1354195680	713608	6
India	2018	1,795595299	9.022.939.659.866	-30699661201	1369003306	716272	7
India	2019	1,752534366	9.540.388.857.358	-37469945322	1383112050	718936	7
India	2020	1,576093232	9.101.318.098.423	-53239697391	1396387127	721600	6
China	1994	2,322189229	1.978.859.523.241	-31787000000	1191835000	1650845,74	8
China	1995	2,563478759	2.241.662.924.343	-33849200000	1204855000	1670705,7	8
China	1996	2,521871874	2.509.209.954.966	-38066000000	1217550000	1690565,66	9
China	1997	2,547903664	2.788.246.475.636	-41674000000	1230075000	1710425,62	9
China	1998	2,605835732	3.040.855.853.521	-41117000000	1241935000	1730285,58	9
China	1999	2,517420763	3.319.971.595.766	-36978000000	1252735000	1750145,54	9
China	2000	2,650409102	3.683.441.693.969	-37483300000	1262645000	1770005,5	9
China	2001	2,774762197	4.080.387.270.263	-37357000000	1271850000	1793615,33	10
China	2002	2,964821228	4.522.477.346.527	-46789569179	1280400000	1817225,16	11
China	2003	3,434036479	5.074.660.085.619	-49444853744	1288400000	1840834,99	12
China	2004	3,945154871	5.737.893.814.910	-60144670468	1296075000	1864444,82	14
China	2005	4,467696361	6.592.135.966.884	-90379127564	1303720000	1888054,65	16

China	2006	4,910276197	7.659.999.647.309	-1,0015E+11	1311020000	1911664,48	18
China	2007	5,306368006	8.986.556.877.182	-1,39095E+11	1317885000	1935274,31	19
Negara	**Tahun**	**CO2 emissions (metric tons per capita)**	**GDP, PPP (current international $)**	**Foreign direct investment, net (BoP, current US$)**	**Population, (total individuals)**	**Forest area (sq. km)**	**Energy use per person(KwH)**
China	2008	5,435079096	10.042.810.302.711	-1,14792E+11	1324655000	1958884,14	20
China	2009	5,798319938	11.057.126.304.049	-87167067370	1331260000	1982493,97	20
China	2010	6,335419767	12.380.164.949.406	-1,8575E+11	1337705000	2006103,8	22
China	2011	6,901347326	13.844.365.195.918	-2,31652E+11	1345035000	2025471,54	23
China	2012	7,04520023	15.124.538.193.948	-1,7625E+11	1354190000	2044839,28	24
China	2013	7,320154925	16.185.063.329.895	-2,17958E+11	1363240000	2064207,02	25
China	2014	7,304712872	17.121.277.216.285	-1,44968E+11	1371860000	2083574,76	25
China	2015	7,145131535	17.796.747.505.546	-68098649765	1379860000	2102942,5	25
China	2016	7,105479936	18.712.096.136.720	41674876170	1387790000	2124598,67	25
China	2017	7,226160154	19.887.033.884.257	-27790987920	1396215000	2143394,7	26
China	2018	7,533193134	21.739.730.035.468	-92338473352	1402760000	2162190,4	27
China	2019	7,645435786	23.446.555.176.984	-50259822365	1407745000	2180986,1	29
China	2020	7,756137907	24.284.244.952.353	-99374807720	1411100000	2199781,8	29
South Africa	1994	5,82621348	290.898.092.202	886096104	43267982	179964,9	25
South Africa	1995	6,007615954	306.204.872.447	1245489079	43986084	179600,9	25
South Africa	1996	6,136002328	325.219.274.833	231585202,3	44661603	179236,9	26
South Africa	1997	6,372628776	339.428.971.756	-1486940325	45285048	178872,9	26
South Africa	1998	6,459823512	344.965.603.986	1083666643	45852166	178508,9	25
South Africa	1999	6,001786144	358.222.819.602	80850625,99	46364681	178144,9	26
South Africa	2000	6,076553172	381.724.746.539	-691652738,6	46813266	177780,9	25
South Africa	2001	6,78372306	400.863.593.448	-10785077716	47229714	177416,9	25
South Africa	2002	6,950513574	422.175.816.220	-1882067010	47661514	177052,9	24
South Africa	2003	7,338956173	443.203.877.380	-230592460	48104048	176688,9	26
South Africa	2004	7,824764075	475.829.138.245	604002318,6	48556071	176324,9	28
South Africa	2005	7,704297845	516.647.451.419	-5612683803	49017147	175960,9	27
South Africa	2006	7,672712199	562.434.295.852	5305504771	49491756	175596,9	27
South Africa	2007	7,943858574	608.598.165.270	-3604679769	49996094	175232,9	27
South Africa	2008	8,446649685	640.063.779.483	-12004584138	50565812	174868,9	29
South Africa	2009	7,902048941	634.258.446.719	-6313190334	51170779	174504,9	28
South Africa	2010	8,217612227	661.392.376.744	-3854564952	51784921	174140,9	28
South Africa	2011	7,808053742	696.526.225.202	-4292687424	52443325	173776,9	28
South Africa	2012	8,034649259	698.221.030.088	-1727159492	53145033	173412,9	27
South Africa	2013	8,116434954	730.517.644.100	-1712645458	53873616	173048,9	27

South Africa	2014	8,191152527	741.915.589.342	1900417869	54729551	172684,9	26
South Africa	2015	7,607188524	758.901.003.361	3993788901	55876504	172320,9	25
South Africa	2016	7,544589571	772.768.693.551	2275171115	56422274	171956,9	26
South Africa	2017	7,683707811	790.170.550.983	5390643573	56641209	171592,9	26
South Africa	2018	7,667377025	821.484.896.686	-1542500842	57339635	171228,9	24
Negara	**Tahun**	**CO2 emissions (metric tons per capita)**	**GDP, PPP (current international $)**	**Foreign direct investment, net (BoP, current US$)**	**Population, (total individuals)**	**Forest area (sq. km)**	**Energy use per person(KwH)**
South Africa	2019	7,688907623	838.759.306.807	-1975160486	58087055	170864,9	26
South Africa	2020	6,687563147	795.812.123.206	-5089414843	58801927	170500,9	24

Lampiran 2. Statistik Deskriptif Data

	CO2	GDP	FDI	PP	FA	EU
Mean	5.309.147	4.08E+12	-2.67E+10	5.76E+08	3240490.	2.328.993
Median	5.306.368	2.56E+12	-9.89E+09	1.91E+08	1935274.	1.900.000
Maximum	1.188.495	2.43E+13	4.17E+10	1.41E+09	8153116.	5.800.000
Minimum	0.725622	2.91E+11	-2.32E+11	43267982	170500.9	3.000.000
Std. Dev.	3.788.484	4.92E+12	4.46E+10	5.58E+08	3036129.	1.699.496
Skewness	0.354182	2.334.364	-2.302.575	0.445382	0.561797	0.797353
Kurtosis	1.640.108	8.253.819	9.307.576	1.293.949	1.726.467	2.457.431
Jarque-Bera	1.322.487	2.778.730	3.430.852	2.083.539	1.622.445	1.596.076
Probability	0.001344	0.000000	0.000000	0.000030	0.000300	0.000342
Sum	7.167.348	5.50E+14	-3.60E+12	7.78E+10	4.37E+08	3.144.140
Sum Sq. Dev.	1.923.250	3.24E+27	2.67E+23	4.18E+19	1.24E+15	38703.04
Observations	135	135	135	135	135	135

Lampiran 3.Common Effect Model

Dependent Variable: CO2
Method: Panel Least Squares
Date: 02/27/24 Time: 20:14
Sample: 1994 2020
Periods included: 27
Cross-sections included: 5
Total panel (balanced) observations: 135

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	4.00E-15	1.43E-14	0.279349	0.7804
FDI	-2.97E-12	1.19E-12	-2.491575	0.0140
PP	2.99E-10	1.34E-10	2.240239	0.0268
FA	-4.48E-07	1.88E-08	-23.78196	0.0000
EU	0.275009	0.004001	68.73889	0.0000
C	0.088337	0.121652	0.726143	0.4691

Root MSE	0.463245	R-squared	0.984937
Mean dependent var	5.309147	Adjusted R-squared	0.984353
S.D. dependent var	3.788484	S.E. of regression	0.473896
Akaike info criterion	1.387769	Sum squared resid	28.97049
Schwarz criterion	1.516892	Log likelihood	-87.67439
Hannan-Quinn criter.	1.440241	F-statistic	1686.972
Durbin-Watson stat	0.251291	Prob(F-statistic)	0.000000

Lampiran 4. Uji Lagrange Multiplier

Lagrange Multiplier Tests for Random Effects
Null hypotheses: No effects
Alternative hypotheses: Two-sided (Breusch-Pagan) and one-sided (all others) alternatives

	Test Hypothesis		
	Cross-section	Time	Both
Breusch-Pagan	10.26953 (0.0014)	5.026614 (0.0250)	15.29614 (0.0001)
Honda	3.204611 (0.0007)	-2.242011 (0.9875)	0.680661 (0.2480)
King-Wu	3.204611 (0.0007)	-2.242011 (0.9875)	2.164663 (0.0152)
Standardized Honda	15.05638 (0.0000)	-2.187562 (0.9856)	-3.187086 (0.9993)
Standardized King-Wu	15.05638 (0.0000)	-2.187562 (0.9856)	1.023069 (0.1531)
Gourieroux, et al.	--	--	10.26953 (0.0021)

Lampiran 5. Fixed Effect Model

Dependent Variable: CO2
Method: Panel Least Squares
Date: 02/27/24 Time: 20:20
Sample: 1994 2020
Periods included: 27
Cross-sections included: 5
Total panel (balanced) observations: 135

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	6.51E-14	3.09E-14	2.104281	0.0374
FDI	-3.69E-12	1.19E-12	-3.105227	0.0024
PP	-4.45E-10	7.16E-10	-0.621234	0.5356
FA	8.79E-07	2.86E-07	3.073622	0.0026
EU	0.175028	0.023776	7.361510	0.0000
C	-1.723641	1.293919	-1.332108	0.1852

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Root MSE	0.356090	R-squared	0.991099
Mean dependent var	5.309147	Adjusted R-squared	0.990459
S.D. dependent var	3.788484	S.E. of regression	0.370060
Akaike info criterion	0.920882	Sum squared resid	17.11802
Schwarz criterion	1.136088	Log likelihood	-52.15956
Hannan-Quinn criter.	1.008336	F-statistic	1546.560
Durbin-Watson stat	0.328056	Prob(F-statistic)	0.000000

Lampiran 6. Uji Chow

Redundant Fixed Effects Tests
Equation: Untitled
Test cross-section fixed effects

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	21.637399	(4,125)	0.0000
Cross-section Chi-square	71.029673	4	0.0000

Cross-section fixed effects test equation:
Dependent Variable: CO2
Method: Panel Least Squares
Date: 02/27/24 Time: 20:21
Sample: 1994 2020
Periods included: 27
Cross-sections included: 5
Total panel (balanced) observations: 135

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	4.00E-15	1.43E-14	0.279349	0.7804
FDI	-2.97E-12	1.19E-12	-2.491575	0.0140
PP	2.99E-10	1.34E-10	2.240239	0.0268
FA	-4.48E-07	1.88E-08	-23.78196	0.0000
EU	0.275009	0.004001	68.73889	0.0000
C	0.088337	0.121652	0.726143	0.4691

Root MSE	0.463245	R-squared	0.984937
Mean dependent var	5.309147	Adjusted R-squared	0.984353
S.D. dependent var	3.788484	S.E. of regression	0.473896
Akaike info criterion	1.387769	Sum squared resid	28.97049
Schwarz criterion	1.516892	Log likelihood	-87.67439
Hannan-Quinn criter.	1.440241	F-statistic	1686.972
Durbin-Watson stat	0.251291	Prob(F-statistic)	0.000000

Lampiran 7. Hasil Estimasi Model

Dependent Variable: CO2
Method: Panel Least Squares
Date: 02/27/24 Time: 20:20
Sample: 1994 2020
Periods included: 27
Cross-sections included: 5
Total panel (balanced) observations: 135

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	6.51E-14	3.09E-14	2.104281	0.0374
FDI	-3.69E-12	1.19E-12	-3.105227	0.0024
PP	-4.45E-10	7.16E-10	-0.621234	0.5356
FA	8.79E-07	2.86E-07	3.073622	0.0026
EU	0.175028	0.023776	7.361510	0.0000
C	-1.723641	1.293919	-1.332108	0.1852

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Root MSE	0.356090	R-squared	0.991099
Mean dependent var	5.309147	Adjusted R-squared	0.990459
S.D. dependent var	3.788484	S.E. of regression	0.370060
Akaike info criterion	0.920882	Sum squared resid	17.11802
Schwarz criterion	1.136088	Log likelihood	-52.15956
Hannan-Quinn criter.	1.008336	F-statistic	1546.560
Durbin-Watson stat	0.328056	Prob(F-statistic)	0.000000

Lampiran 8. Cross Section Effect

	NEGARA	Effect
1	Brazil	-3.780.532
2	Russian Federation	-3.716.377
3	India	1.695.294
4	China	1.543.626
5	South Africa	4.257.990