

## Analisis Pengaruh Keterbukaan Perdagangan, Konsumsi Energi, Dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi Karbon Di Negara D-8

Suci Wulandari Siregar<sup>1,\*</sup>, Hasbi<sup>2</sup>  
[suci.wulandarisrg@gmail.com](mailto:suci.wulandarisrg@gmail.com)<sup>1,\*</sup>, [haassbi@gmail.com](mailto:haassbi@gmail.com)<sup>2</sup>  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta<sup>12</sup>

### ABSTRACT

*Carbon emissions are one of the main causes of global climate change. High carbon emissions can hinder long-term economic growth. The purpose of this research is to analyze the influence of Trade Openness, Energy Consumption, and Economic Growth variables on CO2 Emissions in D-8 countries (Bangladesh, Egypt, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, and Turkey) during the period of 1992 to 2021 using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) panel model. The results of the study indicate that Economic Growth in D-8 countries has a positive long-term effect on CO2 Emissions but has no short-term effect. The Energy Consumption variable has a short-term effect on CO2 Emissions. However, Trade Openness does not have a short-term or long-term effect on CO2 Emissions. Therefore, it is expected that D-8 countries pay attention to policies that encourage investment in renewable energy, incentives for energy efficiency, and regulations that reduce emissions from specific sectors, which can help achieve sustainable and low-carbon economic growth.*

**Keywords:** ARDL Panel, Trade Openness, Energy Consumption, Economic Growth, CO2 Emissions.

### ABSTRAK

Emisi karbon adalah salah satu penyebab utama perubahan iklim global. Emisi karbon yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan ekonomi jangka panjang. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variabel *Trade Openness*, *Energy Consumption* dan *Economic Growth* terhadap *CO2 Emissions* di negara D-8 (Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, dan Turkiye) selama periode 1992 sampai dengan 2021 menggunakan model panel *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Economic Growth* di negara D-8 berpengaruh positif terhadap *CO2 Emissions* dalam jangka panjang, tidak berpengaruh dalam jangka pendek. Variabel *Energy Consumption* berpengaruh dalam jangka pendek terhadap *CO2 Emissions*. Sedangkan, *Trade Openness* tidak berpengaruh dalam jangka pendek dan jangka panjang terhadap *CO2 Emissions*. Oleh karena itu, Negara D-8 diharapkan memperhatikan kebijakan yang mendorong investasi dalam energi terbarukan, insentif bagi efisiensi energi, dan regulasi yang mengurangi emisi dari sektor-sektor tertentu dapat membantu mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan rendah karbon.

**Kata Kunci:** Panel ARDL, *Trade Openness*, *Energy Consumption*, *Economic Growth*, *CO2 Emissions*.

### Pendahuluan

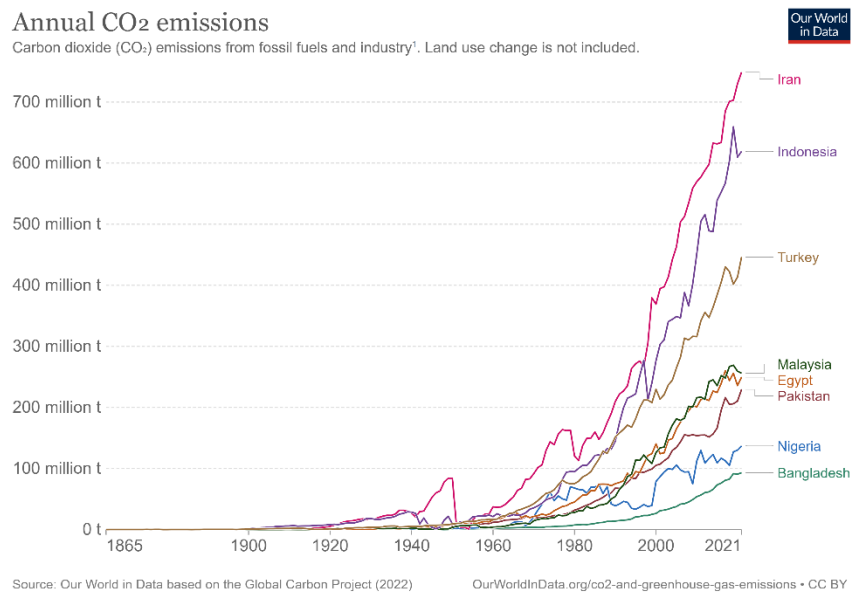
Degradasi lingkungan adalah topik yang sangat klasik yang telah dibahas sejak abad ke-20. Tingkat peningkatan emisi karbon global dianggap sebagai penentu utama memburuknya kualitas lingkungan (Udeagha dan Ngepah, 2021). Aglomerasi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat hampir 45% dalam 130 tahun terakhir. menyoroti bahwa tingkat emisi CO<sub>2</sub> meningkat dari 29.714,2 juta ton pada tahun 2009 menjadi 33.444,0 juta ton

\*Corresponding Author

pada tahun 2017. Perubahan iklim global terus mengancam kehidupan, aset, dan keseimbangan ekologi (Majeed dan Asghar, 2021). Para ilmuwan menunjukkan bahwa, pada kuartal pertama abad ke-21, kandungan karbon dioksida di atmosfer meningkat sebesar 40% dan kandungan gas metana sebesar 150% dibandingkan tahun-tahun ketika revolusi industri dimulai (Dogan dan Sacli, 2019).

Masalah degradasi lingkungan telah mengemuka di negara-negara D-8 karena peningkatan yang mencolok dalam total emisi CO<sub>2</sub>. Gambar 1 menunjukkan total emisi CO<sub>2</sub> di negara-negara D-8 (Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan dan Turki) selama periode 1865-2021. Iran adalah penghasil emisi CO<sub>2</sub> terbesar di antara negara-negara D-8, diikuti oleh Indonesia dan Turki. Bangladesh merupakan bagian terkecil dari total emisi CO<sub>2</sub>. Dari gambar 1 tersebut adanya peningkatan emisi karbon dari tahun ke tahun maka perlu adanya solusi untuk mengatasi masalah tersebut mengingat CO<sub>2</sub> merupakan faktor utama pemanasan global.

Gambar 1  
Emisi Karbon Negara D-8



Pemanasan global akibat karbon dioksida menyebabkan perubahan iklim berada di puncak masalah terpenting saat ini. Banyak penelitian telah dilakukan tentang efek masa depan pemanasan global pengaruhnya terasa hari demi hari. pertumbuhan eksponensial dalam populasi manusia dan perlombaan di antara ekonomi global untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang cepat telah menyebabkan konsumsi sumber daya alam lebih cepat daripada yang dapat dipulihkannya (Ahmed, 2016). Akibatnya, suhu rata-rata global meningkat, frekuensi dan skala bencana alam meningkat hampir di seluruh bagian dunia, es Arktik mencair, dan perubahan iklim diproyeksikan dapat menyebabkan lebih banyak kematian daripada perang apa pun.

Beberapa negara berkembang tumbuh pada tingkat tercepat dalam sejarah ekonomi global. Ekonomi ini dihadapkan dengan teka-teki pertumbuhan-lingkungan. Saat ini, jumlah emisi yang besar berasal dari negara berkembang dan diproyeksikan bahwa negara-negara ini akan bertanggung jawab atas sebagian besar persediaan emisi global di masa depan (Ahmed, 2016). Sementara itu, negara-negara tersebut sangat

rentan terhadap dampak buruk perubahan iklim dan biaya sosial-ekonomi dari dampak tersebut juga akan sangat besar. Konsep pembangunan berkelanjutan muncul setelah hubungan pertumbuhan-lingkungan; konsep ini mendorong rezim kebijakan yang melindungi ekosistem global dan keanekaragaman hayati tanpa mengorbankan pertumbuhan ekonomi. Dengan kata lain, memastikan lingkungan yang berkelanjutan sambil mengejar pertumbuhan yang berkelanjutan.

Menurut ahli ekonomi lingkungan dan iklim, emisi CO<sub>2</sub> di dunia mengalami peningkatan luar biasa sebesar 58% dalam periode 1990 hingga 2014. Selama periode yang sama, tindakan transaksi perdagangan di dunia juga meningkat sebesar 425%. Perdagangan mendorong pertumbuhan ekonomi (PDB), mengoreksi kegagalan pasar, memperkuat internalisasi instrumen lingkungan, meningkatkan kualitas hidup, dan juga mendorong produksi industri di banyak negara. Menurut Ullah et.al (2019) barang-barang berpolusi tinggi dapat ditransfer dari negara maju ke negara berkembang melalui perdagangan bebas. Oleh karena itu, peningkatan perdagangan bebas terkait pergerakan barang kotor dapat menyebabkan masalah lingkungan di negara tuan rumah seperti anggota delapan negara berkembang. D8 adalah organisasi kerjasama pembangunan antara Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, dan Turki. Organisasi ini dibentuk untuk membantu meningkatkan posisi negara anggota dalam ekonomi global, mendiversifikasi dan membentuk hubungan perdagangan baru, meningkatkan partisipasi dalam pengambilan keputusan internasional, dan meningkatkan taraf standar di negara-negara anggota. Pada tahun 2006, perdagangan antara negara-negara anggota D8 adalah \$35 miliar, dan meningkat menjadi \$68 miliar pada tahun 2010. Peningkatan material ini membenarkan relevansi perdagangan dengan negara-negara tersebut, mendukung pernyataan Adam Smith dalam keunggulan absolutnya. teori bahwa negara berkembang dengan kebijakan ekonomi reseptif menikmati keuntungan perdagangan timbal balik yang lebih besar (Sun et al., 2019).

Meskipun perdagangan meningkatkan kegiatan ekonomi di D8, hal itu juga menurunkan kualitas lingkungan negara melalui peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Perdagangan dapat secara signifikan mempromosikan emanasi CO<sub>2</sub> di D-8 melalui tiga saluran berbeda. Pertama, jika teknologi energi tak terbarukan yang terkait dengan perdagangan digunakan secara luas, tingkat emisi CO<sub>2</sub> di negara tersebut dapat melonjak. Kedua, sebagian besar negara anggota D8 berspesialisasi dalam industri yang memiliki keunggulan komparatif dalam perdagangan. Hal ini dapat menyebabkan aktivitas produksi meluas yang mengarah ke sekresi CO<sub>2</sub> yang tinggi. Terakhir, banyak perusahaan di D8 yang berpikiran ekspor.

Melalui aktivitas produksi skala besar mereka, perdagangan dapat meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> di negara tersebut. Selain itu, negara-negara tersebut telah mengambil langkah-langkah penting untuk meningkatkan ekonomi berbasis pasar mereka. Ini telah membantu mereka mengembangkan pola perdagangan baru melalui keterlibatan perdagangan internasional. Sebagian besar transaksi yang diperdagangkan antar negara tidak ramah lingkungan karena menyebabkan efusi CO<sub>2</sub> yang tinggi. Tidak heran, dampak perdagangan terhadap emanasi CO<sub>2</sub> sangat diserukan dalam sebagian besar diskusi akademik dan politik yang terjadi di negara-negara tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan integrasi perdagangan yang meningkat antar negara, dan eksudasi CO<sub>2</sub> yang tinggi terkait, sebuah studi untuk memeriksa secara ekonometri hubungan antara keterbukaan perdagangan (TO) dan emanasi CO<sub>2</sub> di D8 dipandang penting.

Selain perdagangan internasional yang menjadi pemicu emisi karbon, konsumsi energi memiliki dampak yang besar terhadap peningkatan emisi karbon, memproduksi

dan bahkan mengkonsumsi energi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan melalui polusi udara dan air. Energi terdiri dari batubara, minyak bumi, gas dan listrik. Jenis energi tersebut dapat menghasilkan emisi berbahaya, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan karbon monoksida (CO). Proses menghasilkan energi, seperti pembakaran sangat berbahaya bagi lingkungan karena melibatkan reaksi kimia dengan oksigen di udara, efeknya melepaskan senyawa CO<sub>2</sub> dengan demikian mempengaruhi lingkungan. Oleh karena itu, pemanasan global terjadi. Selanjutnya, itu menghasilkan pengurangan salju dan es laut, banjir laut dan pesisir yang lebih tinggi. Iklim yang lebih hangat dapat menyebabkan kepunahan pada banyak spesies hewan yang hidup di bumi. Peningkatan suhu global juga dapat mempengaruhi manusia karena memicu risiko kesehatan seperti penyakit mental dan kanker sehingga harapan hidup dapat berkurang. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan energi terbarukan seperti biomassa dan matahari untuk menggantikan energi tak terbarukan dalam upaya mengurangi masalah lingkungan, sehingga harapan hidup dapat ditingkatkan (Murthy *et al.*, 2021).

Para ekonom, aktivis lingkungan, dan pembuat kebijakan semakin menaruh perhatian untuk menganalisis asosiasi antara pertumbuhan, perdagangan, energi, dan degradasi lingkungan. Untuk mengeksplorasi hubungan antara pembangunan ekonomi dan degradasi lingkungan, hipotesis Kurva Kuznets Lingkungan (EKC) yang terkenal menyatakan bahwa kualitas lingkungan mulai menurun pada tingkat awal pembangunan ekonomi, dan kualitas lingkungan meningkat seiring pertumbuhan ekonomi (Grossman dan Krueger, 1995). EKC telah dipelajari secara substansial tetapi validitas empiris EKC tetap tidak meyakinkan. Sejak karya rintisan Grossman dan Krueger (1991), banyak penelitian seperti Holtz-Eakin dan Selden (1995), Narayan (2010), dan Ahmad *et al.*, (2021) telah mendukung EKC. Beberapa penelitian tidak mengkonfirmasi hipotesis EKC Dogan *et al.*, (2017). Beberapa studi Apergis *et al.*, (2010) dan Majeed (2020) memvalidasi positif dan linier antara pertumbuhan ekonomi dan emisi dan memberikan hasil yang beragam tergantung pada kelompok pendapatan, ukuran sampel, dan kelompok regional dari negara-negara terpilih.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami hubungan antara keterbukaan perdagangan, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi dengan emisi karbon di negara-negara D-8. D-8 adalah sebuah kelompok negara berkembang yang mencakup Bangladesh, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, Turki, dan Mesir. Dengan analisis mendalam terhadap variabel-variabel ini, penelitian ini berusaha untuk mengidentifikasi dan memahami dampak keterbukaan perdagangan, tingkat konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi terhadap tingkat emisi karbon di negara-negara tersebut. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga bagi para pembuat kebijakan di negara-negara D-8 untuk mengambil langkah-langkah yang tepat dalam mengatasi masalah emisi karbon dan menjaga kelestarian lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi menjadi dasar bagi perumusan kebijakan yang lebih efektif dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan menjaga keberlanjutan ekonomi di wilayah ini. Selain itu, kontribusi penelitian ini tidak hanya terbatas pada wilayah D-8, tetapi juga memiliki dampak global. Perubahan iklim dan isu lingkungan merupakan tantangan global yang memerlukan kerjasama dari semua negara untuk mengatasinya. Dengan memahami keterkaitan antara perdagangan, konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon di negara-negara D-8, hasil penelitian ini dapat memberikan pelajaran berharga bagi negara-negara lain dalam upaya mereka untuk menghadapi masalah serupa.

## Kajian Literatur Dan Pengembangan Hipotesis

### *Trade Openess*

Teori perdagangan yang terkenal, perdagangan *Heckscher-Ohlin*, merekomendasikan bahwa jika itu adalah perdagangan bebas, ekonomi berkembang harus berspesialisasi dalam produk-produk padat karya dan mengekspor barang-barang yang berlimpah atau murah misalnya tenaga kerja dan sumber daya alam yang melimpah, sementara pada sisi lain, dikembangkan negara harus berspesialisasi dalam produk padat modal. Perdagangan memerlukan transfer barang dari satu negara ke negara lain. Bisa untuk konsumsi, atau bisa juga untuk diolah lebih lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa polusi biasanya dihasilkan selama kegiatan produksi dan konsumsi. Sekarang, lebih banyak keterlibatan ekonomi berkembang dalam perdagangan luar negeri telah membuat diskusi imperatif keterbukaan perdagangan untuk hipotesis EKC (Baek, 2015) dan (Majeed, 2020).

Menurut Shafik dan Bandyopadhyay (1992) bahwa perekonomian yang lebih terbuka terhadap perdagangan akan lebih sedikit tercemar. Alasannya adalah ketika ekonomi lebih terbuka, mereka menghadapi tingkat persaingan yang tinggi, dan mereka harus berinvestasi dalam teknologi maju yang efisien yang sebagai gantinya mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian oleh Suri dan Chapman (1998) membahas perdagangan dalam dua bentuk: komoditas padat energi dan non padat energi. Misalnya, dalam kasus non-intensif energi, produksi mobil memerlukan masukan yang lebih intensif polusi. Ekonomi industri biasanya mengelola dengan mengekspor barang-barang yang lebih intensif energi untuk mengurangi tingkat polusi. Di sisi lain, negara-negara berkembang menghadapi tantangan meningkatnya polusi karena lebih banyak ekspor produk padat energi.

Studi Zafar *et al* (2019) menyimpulkan bahwa perdagangan dapat mengekang degradasi lingkungan jika efek teknologi lebih tinggi daripada efek skala dan komposisi. Demikian pula, Tahir *et al.*, (2021) untuk Asia dan Tahir *et al.*, (2021) untuk Asia Selatan menyarankan efek peningkatan lingkungan dari globalisasi. Kedua, lonjakan ekspor sumber daya alam seperti batu bara, gas terutama ekstraksi melalui cara konvensional, penggundulan hutan menghilangkan sumber daya alam, dan dampaknya adalah peningkatan emisi CO<sub>2</sub> kualitas lingkungan yang lebih buruk (Schmalensee *et al.*, 1998). Studi ini menemukan bahwa keterbukaan perdagangan baik untuk lingkungan di negara-negara berpenghasilan tinggi. dan itu mencemari lingkungan di negara berkembang. Intensitas penggunaan energi yang lebih tinggi di sektor industri: Ketika suatu negara membuka diri terhadap perdagangan internasional, maka permintaan akan barang dan jasa dari sektor industri meningkat. Hal ini dapat meningkatkan penggunaan energi dan bahan bakar fosil, yang pada akhirnya meningkatkan emisi karbon (Copeland dan Taylor, 2004). Perpindahan produksi ke negara-negara dengan regulasi lingkungan yang lebih lemah: Beberapa negara memiliki regulasi lingkungan yang lebih ketat daripada negara lain. Hal ini dapat menyebabkan perusahaan-perusahaan berpindah produksi ke negara-negara dengan regulasi lingkungan yang lebih lemah untuk mengurangi biaya produksi. Negara-negara dengan regulasi lingkungan yang lebih lemah cenderung memiliki emisi karbon yang lebih tinggi, sehingga hal ini dapat meningkatkan emisi karbon secara keseluruhan (Frankel dan Rose, 2005). Maka hipotesis dalam penelitian ini:

H<sub>1</sub> : *Trade Openess* Berpengaruh Positif Terhadap Emisi Karbon

### **Energy Consumption**

Di era kemajuan baru-baru ini, energi dianggap sebagai faktor yang sangat diperlukan untuk ekspansi ekonomi, tetapi juga cadangan strategis yang vital bagi perekonomian. Demikian pula, kemajuan ekonomi yang berkelanjutan bergantung pada konsumsi energi (Kraft, 1978). Ozokcu dan Ozdemir (2017) menunjukkan bahwa lonjakan penggunaan energi akan merusak kualitas ekologis di negara maju dan negara berkembang. Hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi energi merusak lingkungan. Lebih lanjut, studi Kasman dan Duman (2015) untuk ekonomi anggota UE menyimpulkan bahwa penggunaan energi merusak lingkungan. Studi oleh Dogan *et al.*, (2017) menegaskan ekonomi OECD bahwa peningkatan konsumsi energi secara signifikan memperburuk kualitas ekologis selama periode 1981-2016. Penelitian oleh Majeed dan Mazhar (2019) menunjukkan dampak konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan data dari 131 negara selama periode 1971-2017. Penelitian Ahmed (2016) menunjukkan pengaruh positif penggunaan intensitas energi terhadap emisi CO<sub>2</sub> ekonomi Tiongkok, dengan menggunakan sampel 29 provinsi selama periode 2000-2018. Penelitian Majeed dan Mazhar (2019) menunjukkan dampak positif intensitas energi per kapita terhadap emisi CO<sub>2</sub> di panel global yang terdiri dari 131 negara, 45 negara berpenghasilan tinggi, 43 negara berpenghasilan menengah ke atas, 31 negara berpenghasilan menengah ke bawah, dan 12 negara berpenghasilan rendah.

Meningkatnya permintaan energi pada pertumbuhan populasi dan ekonomi meningkatkan permintaan energi. Banyak sektor seperti transportasi, industri, dan rumah tangga menggunakan energi bahan bakar fosil dalam jumlah besar. Ketergantungan pada sumber energi fosil melalui sumber energi alternatif seperti tenaga surya, angin, atau hidro masih belum digunakan secara luas karena masih relatif mahal dan tidak dapat menggantikan kebutuhan energi dari bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan kebanyakan negara masih bergantung pada energi bahan bakar fosil (Canton, 2021). Oleh karena itu hipotesis penelitian:

H<sub>2</sub> : Konsumsi Energi Berpengaruh Positif Terhadap Emisi Karbon

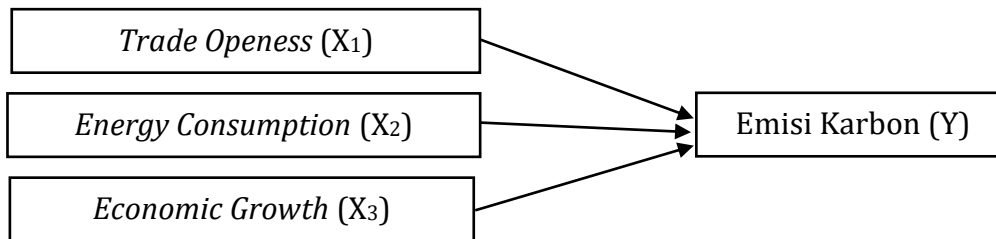
### **Economic Growth**

Hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan pencemaran lingkungan telah dianalisis dengan pendekatan pervasif lain yang dikenal sebagai teori Kurva Kuznets Lingkungan. Teori EKC mengklaim bahwa polutan lingkungan telah meningkat pada tahap awal pertumbuhan ekonomi tetapi cenderung berbalik melampaui tingkat pendapatan per kapita tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan berbentuk U terbalik antara degradasi lingkungan dan variabel ekonomi lainnya. Menurut Grossman dan Krueger (1991) mengukur dampak lingkungan potensial pendapatan dalam perjanjian perdagangan bebas Amerika Utara (NAFTA). Menurut Managi dan Jena (2008) menerapkan hipotesis EKC dan memfemukan adanya hubungan antara produktivitas lingkungan dan pendapatan di India. Penelitian Pao dan Tsai (2010) menggunakan teori EKC dan mengakui hubungan kausalitas antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi energi dan PDB di negara-negara BRIC, berdasarkan karakteristik dinamis deret waktu dari indikator-indikator ini. Dalam Peningkatan permintaan energi pertumbuhan ekonomi dapat meningkatkan permintaan akan energi untuk memenuhi kebutuhan produksi dan konsumsi.

Penggunaan energi dari bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara dapat meningkatkan emisi karbon (Grossman dan Krueger, 1995). Peningkatan produksi industri pertumbuhan ekonomi dapat meningkatkan produksi industri, yang pada gilirannya meningkatkan penggunaan

bahan baku dan energi, serta menghasilkan limbah dan polusi. Industri yang berbasis pada bahan bakar fosil seperti sektor transportasi, pembangkit listrik, dan produksi material konstruksi dapat berkontribusi signifikan pada emisi karbon (Panayotou, 1993). Oleh karena itu hipotesis penelitian:

H<sub>3</sub> : *Economic Growth* Berpengaruh Positif Terhadap Emisi Karbon



**Gambar 2**

### Kerangka Pemikiran

#### Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif karena menyajikan data sekunder dari publikasi resmi dari World Bank. Negara-negara D-8 menjadi fokus penelitian ini dari tahun 1992 hingga 2021 diperoleh sebanyak 210 observasi. Populasi dibagi menjadi delapan negara D-8, dengan konsentrasi pada negara Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, dan Turki. Karena sampel dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria tertentu, maka pendekatan pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini tergolong *non-probability sampling*.

Sampel dalam penelitian ini diambil dari tujuh negara D-8: Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Pakistan, dan Turki. Kecuali Nigeria, tujuh negara tersebut dipilih karena memiliki data lengkap di antara tujuh negara D-8. Pendekatan panel *Autoregressive Distribution Lag* (ARDL) yang diolah dengan menggunakan Eviews 12 digunakan untuk mengestimasi pengaruh variabel Keterbukaan Perdagangan, Konsumsi Energi, dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Karbon di Negara D-8. Panel ARDL dipilih karena akan menghasilkan perkiraan jangka panjang dan jangka pendek, serta *cross-section* dari koefisien ECT jangka pendek, untuk menjawab tujuan penelitian.

Panel ARDL merupakan teknik mengkaji setiap lag variabel terletak pada I(1) atau I(0). Hasil regresi panel ARDL adalah statistik uji yang dapat membandingkan dengan dua nilai *critical* yang *asymptotic* (Rusiadi dan Subiantoro, 2014). Menggunakan model panel ARDL dengan asumsi variabel yang digunakan dalam penelitian ini bersifat dinamis, sehingga model ARDL cocok dalam penelitian ini. Panel model ARDL dinyatakan:

$$\Delta CO2_{j,t} = \alpha_{0i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \Delta CO2_{i,t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2i} \Delta TO_{i,t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_{3i} \Delta EC_{i,t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_{4i} \Delta PDB_{i,t-1} + \beta_{11} \Delta CO2_{j,t-1} + \beta_{21} \Delta TO_{j,t-1} + \beta_{31} \Delta EC_{j,t-1}$$

$$+\beta_{41}\Delta PDB_{j,t-1} + u_{j,t} \tag{1}$$

Keterangan :

- CO2 = Emisi Karbon (*metric tons per capita*),
- TO = Trade Openness (% of GDP),
- EC = Energy Consumption (*Fossil fuel energy consumption%*)
- PDB = Produk Domestik Bruto (% of GDP)
- $\alpha_1$  = Koefisien Estimasi Jangka Pendek
- $\beta_1$  = Koefisien Estimasi Jangka Panjang
- $u$  = *error term*
- $j$  = Negara
- $t$  = Periode

Kriteria Panel ARDL:

Model Panel ARDL yang diterima adalah model yang memiliki lag terkointegrasi, dimana asumsi utamanya adalah nilai *coefficient* pada *Short Run Equation* memiliki *slope* negatif dengan tingkat signifikan 5%. Syarat Model Panel ARDL: nilainya negatif (-0,5) dan signifikan ( $0,000 < 0,05$ ) maka model diterima.

**Hasil Penelitian Dan Pembahasan**

Model panel ARDL digunakan dalam penelitian ini untuk menilai pengaruh variabel ekonomi makro (seperti perdagangan terbuka, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi) terhadap emisi karbon. Hasil analisis dan pembahasan uji stasioner dan kointegrasi data dilaporkan pada uji pertama. Estimasi jangka panjang dari model panel ARDL dijelaskan pada bagian kedua. Hasil estimasi jangka pendek model panel ARDL, serta nilai koefisien *error correction term*, dihasilkan pada bagian akhir.

**Uji Unit Root Test**

Emisi karbon, konsumsi energi, dan produk domestik bruto (PDB) stasioner pada I(0) atau level level, sedangkan keterbukaan perdagangan stasioner pada I(1) atau level *first difference*, hasil uji stasioner Levin, Lin, dan Chu ( LLC) ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil uji *unit roots tests* pada Tabel 1 mengungkapkan campuran I(0) dan I(1), yang menegaskan bahwa model panel ARDL sesuai untuk penelitian ini.

**Tabel 1**  
**Hasil Uji Unit Roots Test**

| Variabel       | Level dan First Diff. | Intercep/Trend | Prob. LLC | Keputusan |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------|-----------|
| Emisi Karbon   | Level                 | Intercept      | 0.0001    | I(0)      |
|                |                       | Interc. dan    | 0.0317    |           |
|                |                       | Trend          |           |           |
|                | First Diff.           | Intercept      | 0.0000    |           |
|                |                       | Interc. dan    | 0.0000    |           |
|                |                       | Trend          |           |           |
| Trade Openness | Level                 | Intercept      | 0.2577    |           |
|                |                       | Interc. dan    | 0.1333    |           |



|                             |                    |                    | <i>Trend</i>       |        | I(1) |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|------|
| <i>Energy Consumption</i>   | <i>First Diff.</i> |                    | <i>Intercept</i>   | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Interc. dan</i> | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Trend</i>       |        |      |
|                             | <i>Level</i>       |                    | <i>Intercept</i>   | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Interc. dan</i> | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Trend</i>       |        |      |
| Produk Domestik Bruto (PDB) | <i>First Diff.</i> |                    | <i>Intercept</i>   | 0.0000 | I(0) |
|                             |                    |                    | <i>Interc. dan</i> | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Trend</i>       |        |      |
|                             | <i>Level</i>       |                    | <i>Intercept</i>   | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Interc. dan</i> | 0.0000 |      |
|                             |                    |                    | <i>Trend</i>       |        |      |
| <i>First Diff.</i>          |                    | <i>Intercept</i>   | 0.0000             | I(0)   |      |
|                             |                    | <i>Interc. dan</i> | 0.0000             |        |      |
|                             |                    | <i>Trend</i>       |                    |        |      |

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

### Uji Kointegrasi

Uji kointegrasi memiliki keunggulan untuk memperkirakan jika variabel dalam penelitian ini memiliki hubungan jangka panjang yang stabil. Tes Kao, yang terdiri dari *Dickey-Fuller* (DF) dan *Augmented DickeyFuller* (ADF), digunakan dalam pekerjaan ini untuk menguji kointegrasi data panel. Residual dari uji kointegrasi diperoleh dengan meregresikan variabel independen terhadap variabel dependen. Tabel 2 menampilkan hasil uji kointegrasi panel untuk negara-negara D-8 dari tahun 1992 hingga 2021, dimana nilai probabilitasnya adalah 0,2163 atau lebih besar dari 5%.

**Tabel 2**  
**Hasil Uji Kao Cointegration**

|                   | <b>t-Statistic</b> | <b>Prob.</b> |
|-------------------|--------------------|--------------|
| ADF               | -0.784717          | 0.2163       |
| Residual variance | 0.000977           |              |
| HAC variance      | 0.003857           |              |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Hasil pada penelitian diklaim tidak ada kointegrasi jangka panjang antara emisi karbon dan variabel ekonomi makro (perdagangan terbuka, konsumsi energi, dan pembangunan ekonomi) di negara-negara D-8. Temuan ini menunjukkan bahwa variabel akan cenderung bergeser ke arah yang berbeda di masa depan.

### Estimasi Model ARDL

Hasil terbaik dari estimasi model panel ARDL, dimana lag ditentukan pada (2, 1, 1, 1), dicapai dengan menggunakan kriteria *lag Akaike Information Criteria* (AIC).

### Uji ARDL Jangka Panjang

**Tabel 3**  
**Hasil Estimasi Jangka Panjang**

| <b>Variabel</b> | <b>Koefisien</b> | <b>Std. Error</b> | <b>t-Statistic</b> | <b>Prob.</b> |
|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| TO              | -0.219811        | 0.469666          | -0.468015          | 0.6404       |
| EC              | -0.061805        | 0.090825          | -0.680490          | 0.4971       |
| GDP             | 0.808701         | 0.255969          | 3.159372           | 0.0019*      |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Tabel 3 menyajikan hubungan jangka panjang antara variabel makro lainnya (TO, EC, dan GDP) terhadap Emisi Karbon (CO<sub>2</sub>). Hasil uji memperlihatkan Emisi Karbon dipengaruhi secara positif dan signifikan oleh pertumbuhan ekonomi. sedangkan pada variabel perdagangan terbuka dan konsumsi energi berpengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap Emisi Karbon (CO<sub>2</sub>). Berdasarkan hasil tersebut dijelaskan bahwa jika terjadi peningkatan 1% pada pertumbuhan ekonomi, maka menyebabkan peningkatan pada Emisi Karbon (CO<sub>2</sub>) sebesar 0,8%. Sedangkan variabel *Trade Openess* dan Konsumsi Energi Tidak Berpengaruh terhadap Emisi Karbon tetapi hasilnya menunjukkan korelasi negatif ditunjukkan dengan nilai koefisien dari masing-masing variabel sebesar -0,21% dan -0,06%.

### Uji ARDL Jangka Pendek

Tabel 4  
Hasil Estimasi Jangka Pendek

| Variabel                | Koefisien | Std. Error | t-Statistik | Prob.   |
|-------------------------|-----------|------------|-------------|---------|
| COINTEQ01               | -0.038531 | 0.006831   | -5.640196   | 0.0000* |
| D(CO <sub>2</sub> (-1)) | -0.125983 | 0.101841   | -1.237059   | 0.2178  |
| D(TO)                   | -0.042757 | 0.044485   | -0.961152   | 0.3379  |
| D(EC)                   | 0.006521  | 0.002450   | 2.661513    | 0.0085* |
| D(GDP)                  | -0.001385 | 0.007369   | -0.187899   | 0.8512  |
| C                       | 0.350299  | 0.059406   | 5.896733    | 0.0000  |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Tabel 4 menunjukkan hasil *error correction term* (ECT) bahwa koefisien negatif dan signifikan, dimana nilainya 0,000. Temuan ini menunjukkan bahwa variabel independen (perdagangan terbuka, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi) di negara D-8 mempengaruhi emisi karbon dalam jangka pendek.

### Uji Cross-Section Short-Run ECT Coefficients

Tabel 5  
Cross-Section Short-Run ECT Coefficients (1)

| Variabel                | Bangladesh |          | Mesir   |       | Indonesia |         | Iran  |          |         |          |         |
|-------------------------|------------|----------|---------|-------|-----------|---------|-------|----------|---------|----------|---------|
|                         | Koef.      | Prob.    | Koef.   | Prob. | Koef.     | Prob.   | Koef. | Prob.    |         |          |         |
| COINTEQ01               | -          | 0.035871 | 0.0000* | -     | 0.062412  | 0.0000* | -     | 0.030480 | 0.0000* | 0.010123 | 0.0000* |
| D(CO <sub>2</sub> (-1)) | -          | 0.240920 | 0.0052* | -     | 0.558556  | 0.0001* | -     | 0.200404 | 0.0079* | 0.005561 | 0.8962  |
| D(TO)                   | -          | 0.017323 | 0.0711  | -     | 0.140053  | 0.0002* | -     | 0.161022 | 0.0001* | 0.057443 | 0.0115* |
| D(EC)                   | -          | 0.006010 | 0.0000* | -     | 0.009223  | 0.0000* | -     | 0.002524 | 0.0000* | 0.016909 | 0.0000* |
| D(GDP)                  | -          | 0.016263 | 0.0008* | -     | 0.015607  | 0.0008* | -     | 0.031789 | 0.0000* | 0.012205 | 0.0000* |
| C                       | -          | 0.313252 | 0.0003* | -     | 0.557291  | 0.0026* | -     | 0.284019 | 0.0019* | 0.111227 | 0.0017* |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Tabel 5 dan 6 menunjukkan pemahaman penuh tentang karakteristik kecepatan penyesuaian dan fluktuasi dalam jangka pendek mengamati hasil koefisien ECT masing-masing negara. Menurut kedua tabel tersebut, Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Pakistan, dan Turki adalah beberapa negara yang mengalami penyesuaian yang relatif cepat.

Tabel 6  
*Cross-Section Short-Run ECT Coefficients (2)*

| Variabel   | Malaysia |         | Pakistan |         | Turkiye  |         |
|------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
|            | Koef.    | Prob.   | Koef.    | Prob.   | Koef.    | Prob.   |
| COINTEQ01  | 0.060001 | 0.0000* | 0.031508 | 0.0000* | 0.039319 | 0.0000* |
| D(CO2(-1)) | 0.316961 | 0.0008* | 0.152590 | 0.0164* | 0.112879 | 0.0516* |
| D(TO)      | 0.084803 | 0.0581* | 0.194625 | 0.0003* | 0.041217 | 0.0011* |
| D(EC)      | 0.006771 | 0.0000* | 0.000251 | 0.0027* | 0.009509 | 0.0000* |
| D(GDP)     | 0.024683 | 0.0000* | 0.000234 | 0.3591  | 0.004172 | 0.0000* |
| C          | 0.543305 | 0.0008* | 0.279414 | 0.0014* | 0.363588 | 0.0003* |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Variasi jangka pendek dari variabel independen mengungkapkan bahwa variabel Emisi Karbon memiliki dampak yang cukup besar terhadap Emisi Karbon baik secara global maupun di setiap negara. Di setiap negara, kedua faktor ini mengalami volatilitas jangka pendek yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan makroekonomi negara-negara D-8 seringkali bersifat sementara.

### Uji Kausalitas

Tabel 7 menggambarkan hubungan antar variabel penelitian. Hasil pada tabel menunjukkan hubungan searah antara Konsumsi Energi dan Pertumbuhan Ekonomi pada Emisi Karbon pada tingkat probabilitas kurang dari 5%. Selain itu, hubungan antar variabel memiliki nilai probabilitas di atas 5%.

Tabel 7  
*Hasil Uji Kausalitas Granger*

| Hipotesis Null:                            | Obs | F-Statistik | Prob.   |
|--|-----|-------------|---------|
| TO tidak memiliki kausalitas terhadap CO2  | 203 | 0.19552     | 0.6588  |
| CO2 tidak memiliki kausalitas terhadap TO  |     | 0.18319     | 0.6691  |
| EC tidak memiliki kausalitas terhadap CO2  | 203 | 5.09376     | 0.0251* |
| CO2 tidak memiliki kausalitas terhadap EC  |     | 1.03423     | 0.3104  |
| GDP tidak memiliki kausalitas terhadap CO2 | 203 | 0.00559     | 0.9405  |
| CO2 tidak memiliki kausalitas terhadap GDP |     | 6.90214     | 0.0093* |
| EC tidak memiliki kausalitas terhadap TO   | 203 | 0.75106     | 0.3872  |
| TO tidak memiliki kausalitas terhadap EC   |     | 0.99390     | 0.3200  |
| GDP tidak memiliki kausalitas terhadap TO  | 203 | 1.49859     | 0.2223  |
| TO tidak memiliki kausalitas terhadap GDP  |     | 0.02433     | 0.8762  |
| GDP tidak memiliki kausalitas terhadap EC  | 203 | 3.69196     | 0.0561* |
| EC tidak memiliki kausalitas terhadap GDP  |     | 0.17078     | 0.6799  |

Ket: \*p<0.05

Sumber: Data sekunder (diolah), 2023

Dari hasil temuan di buktikan bahwa variabel *Energy Consumption* memiliki hubungan kausal satu arah dengan Emisi Karbon, hasil menunjukkan konsumsi energi mampu menyebabkan pergerakan terhadap produktifitas CO<sub>2</sub>. Hal ini didukung dengan hasil uji kausalitas dengan nilai probabilitas 0,0251. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Chontanawat (2020) dan Alharthi *et al.*, (2021), hasil ini mempertegas bahwa Emisi Karbon dipengaruhi *Energy Consumption* secara positif.

Variabel lain yang memiliki hubungan satu arah adalah *Emisi Karbon* memiliki hubungan kausal satu arah dengan *Economic Growth*, hasil menunjukkan bahwa penggunaan emisi karbon yang tinggi mampu menyebabkan pergerakan pada pertumbuhan ekonomi. Hal ini didukung dengan uji kausalitas dengan nilai probabilitas 0,0093. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil ini mempertegas bahwa Emisi Karbon dipengaruhi *Economic Growth* secara positif penelitian Wang *et al.*, (2019), Karedla *et al.*, (2021), dan Chontanawat (2020).

Variabel *Economic Growth* memiliki hubungan kausal satu arah dengan *Energy Consumption*, hasil menunjukkan Pertumbuhan Ekonomi mampu menyebabkan pergerakan pada konsumsi energi. Hal ini didukung dengan uji kausalitas dengan nilai probabilitas 0,0561. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil ini mempertegas bahwa *Economic Growth* dipengaruhi *Energy Consumption* secara positif (Sadekin, 2021).

Selain hubungan satu arah pada *Energy Consumption* dan *Economic Growth* pada Emisi Karbon, lebih dari itu hubungan antar variabel yang lainnya berada pada besaran nilai probabilitas di atas 10%.

## **Pembahasan**

### **Pengaruh *Trade Openess* Terhadap Emisi Karbon**

Dari hasil estimasi jangka Panjang yang diperlihatkan oleh Tabel 3, menjelaskan *Trade Openess* tidak memiliki pengaruh terhadap Emisi Karbon. Hal ini menunjukkan Perdagangan Terbuka tidak dapat menyebabkan terjadinya peningkatan Emisi Karbon di kawasan D-8. Temuan ini tidak sejalan dengan hasil temuan oleh Wang dan Zhang (2021) yang menjelaskan *Trade Openess* memiliki pengaruh terhadap Emisi Karbon. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Mahmood *et al.*, ( 2019) yang menjelaskan bahwa *Trade Openess* tidak memiliki pengaruh terhadap Emisi Karbon. Implikasinya bahwa *Trade Openness* tidak secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Trade Openness* dapat mendorong transfer teknologi dan peningkatan efisiensi produksi. Dalam jangka panjang, peningkatan efisiensi produksi dapat mengurangi emisi karbon per unit output. Selain itu, dengan adanya perdagangan internasional, negara-negara memiliki akses yang lebih besar terhadap teknologi hijau yang dapat mengurangi emisi karbon (Cole dan Elliott, 2003).

Hasil ini tidak mengkonfirmasi teori sebelumnya bahwa *trade openess* dapat meningkatkan emisi karbon, hal ini bisa terjadi karena efek dari *trade openess* itu sendiri yang memungkinkan suatu negara mendapatkan transfer teknologi baru yang lebih ramah lingkungan dari perdagangan internasional yang dilakukan oleh suatu negara (Ali *et al.*, 2020). Dalam lingkup perdagangan internasional, negara-negara anggota D-8 dapat berinteraksi dengan negara-negara lain yang lebih maju secara teknologi. Perdagangan membuka peluang bagi negara-negara D-8 untuk mengadopsi dan mengimpor teknologi hijau yang telah dikembangkan dan diimplementasikan oleh mitra dagangnya. Hal ini bisa mencakup teknologi energi terbarukan, efisiensi energi, teknologi pengurangan emisi, dan teknologi lain yang ramah lingkungan. Melalui

transfer teknologi ini, negara-negara D-8 dapat mengurangi emisi karbon dan meningkatkan kesadaran tentang aktivitas produksi yang lebih berkelanjutan.

### **Pengaruh *Energy Consumption* Terhadap Emisi Karbon**

Hasil penelitian berikutnya menjelaskan bahwa *Energy Consumption* tidak memiliki pengaruh jangka panjang terhadap Emisi Karbon, tetapi pada tabel 4 *Energy Consumption* memiliki hubungan jangka pendek terhadap Emisi Karbon. Hal ini menunjukkan konsumsi dalam jangka Panjang tidak dapat menyebabkan terjadinya peningkatan Emisi Karbon di kawasan D-8. Temuan ini sejalan dengan hasil temuan oleh Sadekin (2021) yang menjelaskan *Energy Consumption* memiliki pengaruh dalam jangka pendek terhadap Emisi Karbon. Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Chontanawat (2020) dan Alharthi *et al.*, (2021) yang menjelaskan konsumsi energi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon. Konsumsi energi, terutama dari sumber energi fosil, berkontribusi langsung pada emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang menjadi penyebab perubahan iklim.

Hasil ini tidak mengkonfirmasi teori sebelumnya karena beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hubungan antara konsumsi energi dan emisi karbon. Beberapa faktor ini termasuk efisiensi energi, adopsi energi terbarukan, kebijakan pengendalian emisi, dan tingkat teknologi yang digunakan dalam produksi dan konsumsi energi. Oleh karena itu, dalam beberapa kasus, ada kemungkinan bahwa peningkatan konsumsi energi tidak secara langsung berdampak pada peningkatan emisi karbon, terutama jika upaya mitigasi dan penggunaan energi bersih telah dilakukan (Shafiei dan Salim, 2014).

### **Pengaruh *Economic Growth* Terhadap Emisi Karbon**

Hasil penelitian berikutnya adalah *Economic Growth* berpengaruh positif terhadap Emisi Karbon. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas industri yang meningkat pada pertumbuhan ekonomi yang tinggi seringkali diikuti oleh peningkatan aktivitas industri. Proses produksi yang intensif energi, seperti manufaktur, pertambangan, dan pengolahan, dapat menyebabkan emisi karbon yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wang *et al.*, (2019), Karedla *et al.*, (2021), dan Chontanawat (2020) yang menjelaskan bahwa Pertumbuhan ekonomi yang kuat seringkali berdampak pada peningkatan mobilitas dan transportasi. Kenaikan jumlah kendaraan bermotor dan kebutuhan akan perjalanan udara dapat menyebabkan peningkatan emisi karbon dari sektor transportasi. Hasil ini mengkonfirmasi teori Feedback Hypothesis yang dikemukakan oleh Dietz *et al.*, (2007) tentang lingkungan dikembangkan untuk menggambarkan hubungan timbal balik antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon yang dihasilkan. Teori ini menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi yang tinggi dapat memperburuk masalah lingkungan, sehingga memicu upaya pengurangan emisi karbon. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan penggunaan sumber daya dan produksi, yang pada akhirnya menghasilkan emisi karbon yang lebih tinggi. Emisi karbon yang tinggi ini kemudian dapat memperburuk masalah lingkungan, seperti perubahan iklim, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi.

Hasil dari uji kausalitas Granger dapat menyatakan bahwa konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan secara tidak langsung dan memiliki hubungan satu arah terhadap emisi karbon. Hasil ini bermakna bahwa Konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi tidak memiliki hubungan langsung dengan emisi karbon, tetapi mereka saling terkait melalui proses produksi dan konsumsi. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi cenderung memicu peningkatan konsumsi energi untuk memenuhi

kebutuhan produksi dan konsumsi yang lebih besar. Konsumsi energi yang meningkat kemudian menyebabkan peningkatan emisi karbon.

Hubungan antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon biasanya bersifat satu arah. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan peningkatan konsumsi energi umumnya berkontribusi pada peningkatan emisi karbon. Pada penurunan pertumbuhan ekonomi atau adopsi kebijakan lingkungan yang bertujuan mengurangi emisi karbon tidak secara langsung menyebabkan penurunan konsumsi energi. Penting untuk menyadari bahwa hubungan antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kebijakan energi, keberlanjutan energi, efisiensi energi, dan inovasi teknologi yang digunakan dalam sektor energi dan industri. Dengan adopsi kebijakan yang tepat, pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dapat dicapai dengan emisi karbon yang lebih rendah. Inisiatif seperti penggunaan sumber energi terbarukan, efisiensi energi, teknologi bersih, dan diversifikasi energi dapat membantu meminimalkan dampak negatif pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon.

### **Kesimpulan**

Studi ini secara eksperimental menyelidiki efek jangka panjang dan jangka pendek dari keterbukaan perdagangan, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon di D-8 (Bangladesh, Mesir, Indonesia, Iran, Malaysia, Nigeria, Pakistan, dan Turki) dari 1992 hingga 2021. Dengan menggunakan model panel ARDL, penelitian ini menemukan bahwa ekspansi ekonomi memiliki efek jangka panjang yang cukup besar terhadap emisi karbon. Keterbukaan perdagangan dan pertumbuhan ekonomi tidak berpengaruh terhadap emisi karbon dalam jangka pendek.

Berdasarkan hasil uji kausalitas Granger, terdapat hubungan searah antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi terhadap emisi karbon (CO<sub>2</sub>). Temuan studi tersebut memiliki berbagai implikasi kebijakan, terutama yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi di sektor ekonomi, yang dapat membantu mengurangi emisi karbon. Meskipun ekspansi ekonomi berlanjut, konsumsi energi dapat diturunkan dengan menggunakan teknologi dan praktik yang lebih efisien.

Negara-negara dapat mengurangi ketergantungan mereka pada bahan bakar fosil, yang berkontribusi secara signifikan terhadap emisi karbon, dengan mendiversifikasi sumber energi mereka. Mengadopsi sumber energi terbarukan seperti matahari, angin, dan biomassa dapat membantu mengurangi emisi karbon seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Implikasi penelitian juga menyoroti pentingnya kebijakan lingkungan yang berkelanjutan dalam mengurangi emisi karbon. Penerapan kebijakan yang mendorong investasi dalam energi terbarukan, insentif bagi efisiensi energi, dan regulasi yang mengurangi emisi dari sektor-sektor tertentu dapat membantu mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan rendah karbon.

### **Referensi**

- Ahmad, M., Isik, C., Jabeen, G., Ali, T., Ozturk, I., dan Atchike, D. W. (2021). Heterogeneous links among urban concentration, non-renewable energy use intensity, economic development, and environmental emissions across regional development levels. *Science of the Total Environment*, 765, 144527.
- Ahmed, K. (2016). The sheer scale of China's urban renewal and CO<sub>2</sub> emissions: multiple structural breaks, long-run relationship, and short-run dynamics. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 16115–16126.

- Alharthi, M., Dogan, E., dan Taskin, D. (2021). Analysis of CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption by sources in MENA countries: evidence from quantile regressions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38901–38908.
- Ali, S., Yusop, Z., Kaliappan, S. R., dan Chin, L. (2020). Dynamic common correlated effects of trade openness, FDI, and institutional performance on environmental quality: evidence from OIC countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 11671–11682.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., dan Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255–2260.
- Baek, J. (2015). Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: the case of Arctic countries. *Energy Economics*, 50, 13–17.
- Canton, H. (2021). International energy agency—iea. In *The Europa Directory of International Organizations 2021* (pp. 684–686). Routledge.
- Chontanawat, J. (2020). Relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emission and economic growth in ASEAN: Cointegration and causality model. *Energy Reports*, 6, 660–665.
- Cole, M. A., dan Elliott, R. J. R. (2003). Determining the trade–environment composition effect: the role of capital, labor and environmental regulations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3), 363–383.
- Copeland, B. R., dan Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71.
- Dogan, E., Seker, F., dan Bulbul, S. (2017). Investigating the impacts of energy consumption, real GDP, tourism and trade on CO<sub>2</sub> emissions by accounting for cross-sectional dependence: a panel study of OECD countries. *Current Issues in Tourism*, 20(16), 1701–1719.
- Dogan, H. G., dan Sacli, Y. (2019). Contribution of livestock to co<sub>2</sub> emission in d-8 (Developing-8) countries: An empirical analyse of panel data. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12909–12919. [https://doi.org/10.15666/aer/1706\\_1290912919](https://doi.org/10.15666/aer/1706_1290912919)
- Frankel, J. A., dan Rose, A. K. (2005). Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. *Review of Economics and Statistics*, 87(1), 85–91.
- Grossman, G. M., dan Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. National Bureau of economic research Cambridge, Mass., USA.
- Grossman, G. M., dan Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Holtz-Eakin, D., dan Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85–101.
- Karedla, Y., Mishra, R., dan Patel, N. (2021). The impact of economic growth, trade openness and manufacturing on CO<sub>2</sub> emissions in India: an autoregressive distributive lag (ARDL) bounds test approach. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 26(52), 376–389.
- Kasman, A., dan Duman, Y. S. (2015). CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, energy

- consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97–103.
- Kraft, J., dan Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 401–403.
- Mahmood, H., Maalel, N., dan Zarrad, O. (2019). Trade openness and CO2 emissions: Evidence from Tunisia. *Sustainability*, 11(12), 3295.
- Majeed, M. (2020). Reexamination of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of biocapacity, human capital, and trade. *Majeed, MT, dan Mazhar, M., Reexamination of Environmental Kuznets Curve for Ecological Footprint: The Role of Biocapacity, Human Capital, and Trade. Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 14(1), 202–254.
- Majeed, M. T., dan Asghar, N. (2021). Trade, energy consumption, economic growth, and environmental quality: an empirical evidence from D-8 and G-7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(43), 61302–61316. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15066-z>
- Majeed, M. T., dan Mazhar, M. (2019). Financial development and ecological footprint: a global panel data analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 13(2), 487–514.
- Managi, S., dan Jena, P. R. (2008). Environmental productivity and Kuznets curve in India. *Ecological Economics*, 65(2), 432–440.
- Murthy, U., Shaari, M. S., Mariadas, P. A., dan Abidin, N. Z. (2021). The Relationships between CO2 Emissions, Economic Growth and Life Expectancy. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(2), 801–808. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no2.0801>
- Narayan, P. K., dan Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661–666.
- Ozokcu, S., dan Ozdemir, O. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639–647.
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*.
- Pao, H.-T., dan Tsai, C.-M. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, 38(12), 7850–7860.
- Rusiadi, R. H., dan Subiantoro, N. (2014). *Metode Penelitian Manajemen, Akuntansi dan Ekonomi Pembangunan (Konsep, Kasus dan Aplikasi SPSS, Eviews, Amos, Lisres)*. Medan: USU Press.
- Sadekin, M. N. (2021). Do energy consumption and environmental degradation (CO2 emissions) matter for economic growth?: fresh evidence from a developing economy. *International Journal of Energy Economics and Policy*.
- Schmalensee, R., Stoker, T. M., dan Judson, R. A. (1998). World carbon dioxide emissions: 1950–2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15–27.
- Shafiei, S., dan Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: a comparative analysis. *Energy Policy*, 66,



547–556.

- Shafik, N., dan Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence* (Vol. 904). World Bank Publications.
- Sun, H., Attuquaye Clottey, S., Geng, Y., Fang, K., dan Clifford Kofi Amisah, J. (2019). Trade openness and carbon emissions: evidence from belt and road countries. *Sustainability*, 11(9), 2682.
- Suri, V., dan Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195–208.
- Tahir, T., Luni, T., Majeed, M. T., dan Zafar, A. (2021). The impact of financial development and globalization on environmental quality: evidence from South Asian economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 8088–8101.
- Udeagha, M. C., dan Ngepah, N. (2021). The asymmetric effect of trade openness on economic growth in South Africa: a nonlinear ARDL approach. *Economic Change and Restructuring*, 54(2), 491–540.
- Ullah, I., Ali, S., Shah, M. H., Yasim, F., Rehman, A., dan Al-Ghazali, B. M. (2019). Linkages between trade, CO2 emissions and healthcare spending in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4298.
- Wang, Q., dan Zhang, F. (2021). The effects of trade openness on decoupling carbon emissions from economic growth—evidence from 182 countries. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123838.
- Wang, S., Yuan, Y., dan Wang, H. (2019). Corruption, hidden economy and environmental pollution: a spatial econometric analysis based on China's provincial panel data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2871.
- Zafar, M. W., Saud, S., dan Hou, F. (2019). The impact of globalization and financial development on environmental quality: evidence from selected countries in the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 13246–13262.