



Dampak Keterbukaan Perdagangan terhadap Indeks Kinerja Lingkungan OECD

Etma Puji Setyowati

Universitas Diponegoro

Hastarini Dwi Atmanti

Universitas Diponegoro

Alamat: Jl. Prof. H. Sudarto no. 1 Tembalang Semarang 50275

Korespondensi penulis: etma768@gmail.com

Abstrak. *This study empirically analyzes the impact of trade openness on the environmental performance index in OECD countries. The data used comprises panel data from 38 OECD member countries over eight years. The study employs panel data regression methods, with the Random Effect Model (REM) identified as the best-fitting model. The results reveal that trade openness, energy, technology, and population size positively and significantly influence the environmental performance index. These findings highlight the critical role of international trade, energy utilization, technological advancements, and demographic dynamics in improving environmental performance in OECD countries. This research contributes to a deeper understanding of the relationship between economic factors and environmental outcomes, offering valuable insights for sustainable development policies on a global scale.*

Keywords: *Environmental Performance Index; Trade Openness; Energy; Technology; Population*

Abstrak Penelitian ini menganalisis pengaruh keterbukaan perdagangan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD secara empiris. Data yang digunakan berupa data panel dari 38 negara anggota OECD selama delapan tahun. Penelitian ini menerapkan metode regresi data panel, dengan *Random Effect Model* (REM) terpilih sebagai model terbaik. Hasil analisis menunjukkan bahwa keterbukaan perdagangan, energi, teknologi, dan jumlah penduduk memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan. Temuan ini menegaskan pentingnya peran perdagangan internasional, penggunaan energi, kemajuan teknologi, dan dinamika demografi dalam meningkatkan kinerja lingkungan di negara-negara OECD. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman hubungan antara faktor ekonomi dan lingkungan, serta implikasinya terhadap kebijakan pembangunan berkelanjutan di tingkat global.

Kata Kunci: *Indeks Kinerja Lingkungan; Keterbukaan Perdagangan; Energi; Teknologi; Populasi*

PENDAHULUAN

Saat ini, negara-OECD mendukung keterbukaan ekonomi serta keterbukaan perdagangan yang lebih besar, karena ekspor dan impor berdampak positif pada pertumbuhan negara. Perubahan pola perdagangan ini telah memulai perdebatan bahwa lebih banyak keterbukaan dalam perdagangan dapat menyebabkan perbaikan lingkungan secara global. Mengikuti model perdagangan standar Stolper-Smuelson, semua perusahaan akan beralih ke teknik baik yang kurang polusi-intensif dan harga yang dibayar untuk menggunakan lingkungan akan dinaikkan. Namun, mengikuti teorema Heckscher-Ohlin, suatu negara akan relatif berlimpah lingkungan dengan rasio harga faktor yang rendah. Akan ada spesialisasi dalam produk padat polusi karena keterbukaan perdagangan dan tidak akan ada perubahan dalam penggunaan lingkungan secara keseluruhan dalam model perdagangan Heckscher-Ohlin (Baek et al., 2009; Managi et al., 2009; Halicioglu, 2009; Khalil dan Inam, 2006).

Keterbukaan dalam perdagangan berpengaruh signifikan secara statistik terhadap kualitas lingkungan pertama kali dilakukan oleh Grossman dan Krueger (1991). Promotor keterbukaan perdagangan mengklaim bahwa perdagangan mendorong kegiatan ekonomi dan bertanggung jawab terhadap penurunan kualitas lingkungan jika metode produksi tetap tidak berubah.

Pengurangan masalah lingkungan melalui sarana teknologi atau sarana ekonomi seperti kenaikan harga bahan bakar, pengenalan pajak untuk membatasi konsumsi bahan bakar fosil adalah dua cara utama yang diberikan studi sebelumnya. Namun, kebijakan dan inovasi ini mungkin memiliki konsekuensi pertumbuhan meskipun dapat mengurangi masalah lingkungan. Solusi potensial yang mungkin adalah dapat mengatur faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi indeks kinerja lingkungannya. Namun demikian, ini hanya dapat dilakukan jika ada hubungan yang mapan di antara faktor-faktor yang mempengaruhi. Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka perlu adanya penelitian yang membahas tentang pengaruh keterbukaan perdagangan, energi, teknologi, dan populasi penduduk terhadap indeks kinerja lingkungan di OECD. Penelitian ini secara empiris bertujuan untuk menganalisis pengaruh keterbukaan perdagangan terhadap indeks kinerja lingkungan di OECD. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data panel dari 38 negara di OECD dengan rentang waktu 8 tahun. Metode penelitian menggunakan regresi data panel.

KAJIAN TEORI

Beberapa teori seperti teori *Material Balance Model*, *teorema Heckscher-Ohlin*, *Neo Malthusian Pessimistic Perspective*, dan *The Pollution Haven Hypothesis* menjelaskan bahwa keterbukaan perdagangan memengaruhi kualitas lingkungan. Tidak hanya keterbukaan perdagangan yang memengaruhi lingkungan. Ada beberapa factor lain yang memengaruhi kualitas lingkungan. *Cornucopian Optimistic Perspective* dan *Teori Impacts of Population, Affluence, and Technology* (IPAT) menjelaskan bahwa teknologi memengaruhi lingkungan. Energi juga memengaruhi lingkungan berdasarkan *Cornucopian Optimistic Perspective* dan *The Pollution Haven Hypothesis*. Populasi penduduk juga memengaruhi kualitas lingkungan dalam teori *Neo Malthusian Pessimistic Perspective* dan *Teori Impacts of Population, Affluence, and Technology* (IPAT)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan data panel. Berdasarkan teori keterbukaan perdagangan, *Material Balance Model*, *teorema Heckscher-Ohlin*, *Neo Malthusian Pessimistic*, *Pollution Haven Hypothesis*, *Cornucopian Optimistic*, dan teori IPAT variabel independen penelitian ini adalah keterbukaan perdagangan (X1), energi (X2), teknologi (X3), dan populasi penduduk (X4) sedangkan variabel dependennya yaitu Indeks Kinerja Lingkungan (Y). Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data dua tahunan dari tahun 2006 sampai tahun 2020 yang bersumber dari website World Bank dan *Socioeconomic Data And Application Center* (SEDAC). Variabel dependen (Y) dalam penelitian ini adalah Indeks Kinerja Lingkungan. Karena setiap tahun jumlah indikator Indeks Kinerja Lingkungan berbeda-beda, sehingga tidak bisa digunakan untuk penelitian data panel, maka penelitian ini akan menggunakan beberapa kriteria Indeks Kinerja Lingkungan yang sama yang digunakan tiap tahunnya kemudian dihitung menggunakan rumus Indeks Kinerja Lingkungan (Hersandi, 2015).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Model regresi terbaik untuk OECD dalam penelitian ini adalah model *Random Effect Model* (REM). Pada uji Chow Test, nilai F-Statistik adalah 1. Pada uji Chow Test, jika nilai F-statistik lebih besar daripada alpha 5%, maka model *Common Effect Model* (CEM) adalah yang terbaik. Jika nilai F-statistik kurang dari 5% maka model *Fixed Effect Model* (FEM) adalah yang

terbaik. Pada penelitian ini, nilai F-statistik pada uji Chow Test lebih besar daripada alpha 5% sehingga memilih *Common Effect Model* (CEM).

Pada Uji *Lagrange Multiplier*, jika nilai F-statistik lebih besar daripada alpha 5% maka memilih *Common Effect Model* (CEM), jika nilai F-statistik lebih kecil daripada alpha 5% maka memilih model *Random Effect Model* (REM). Hasil penelitian menunjukkan nilai F-statistik sebesar 0,0000 yang mana lebih kecil daripada alpha 5%, sehingga pada uji *Lagrange Multiplier*, model yang dipilih adalah *Random Effect Model* (REM).

Pada uji *Hausman Test*, jika nilai F-statistik lebih besar daripada alpha 5% maka model terbaik memilih *Random Effect Model* (REM), jika nilai F-statistik lebih kecil daripada alpha 5% maka model terbaik memilih *Fixed Effect Model* (FEM). Pada penelitian ini, nilai F-statistik pada uji Hausman bernilai 1, yang mana nilainya lebih besar daripada alpha 5% sehingga model yang terbaik adalah *Random Effect Model* (REM).

Dari ketiga uji diatas, dua dari tiga tes memilih *Random Effect Model* (REM), sehingga model regresi panel terbaik dalam penelitian ini adalah *Random Effect Model* (REM). Gujarati (2012) mengatakan *Random Effect Model* (REM) terdiri dari dua komponen yaitu *residual cross section* dan residual gabungan *time series* dan *cross section*. Kuncoro (2012) mengatakan *Random Effect* disebabkan variasi dalam nilai dan arah hubungan antarsubjek diasumsikan random yang dispesifikasikan dalam bentuk residual. Widarjono (2009) menerangkan bahwa model REM digunakan untuk mengatasi kelemahan model *Fixed Effect*.

Tabel 1. Uji Model Terbaik OECD

Tes	Nilai F-Stat	Hipotesis Dan Hasil
Chow Test	1.0000	H0 : CEM adalah model terbaik (p-value > 5%) H1 : FEM adalah model terbaik (p-value < 5%) Hasil : H1 ditolak, CEM yang dipilih sebagai model terbaik
LM Test	(0.0000)	H0 : CEM adalah model terbaik (p-value > 5%) H1 : REM adalah model terbaik (p-value < 5%) Hasil : H0 ditolak, REM model terbaik
Hausman Test	1.0000	H0 : REM adalah model terbaik (p-value > 5%) H1 : FEM adalah model terbaik (p-value < 5%) Hasil : H1 ditolak, REM adalah model terbaik
Kesimpulan	Dua dari tiga test memilih REM, sehingga model terbaik pada model ini adalah REM	

Sumber : Data diolah, 2024

Oleh karena model yang dipilih adalah model REM, sehingga yang digunakan adalah pendekatan GLS (*Generalized Least Square*) yang mana dalam uji asumsi klasik model GLS hanya menguji normalitas dan multikolinearitas. Pada pendekatan GLS, uji heteroskedastisitas tidak wajib Karena pendekatan GLS berguna untuk menyembuhkan gejala heteroskedastisitas, sehingga diasumsikan model REM terbebas dari gejala heteroskedastisitas.

Berdasarkan tabel dibawah ini, pada uji t-statistik, semua variable independen yang terdiri dari keterbukaan perdagangan, energy, pendapatan perkapita, teknologi, dan populasi masing-masing berpengaruh signifikan ditandai dengan nilai Prob di masing-masing variable bernilai 0,0000. Nilai F-statistik pada model ini bernilai 0,0000 yang menjelaskan bahwa variable keterbukaan perdagangan, energy, pendapatan perkapita, teknologi, dan populasi dalam penelitian ini secara bersama-sama mempengaruhi indeks kinerja lingkungan di OECD. Model

dalam penelitian ini memiliki nilai *R-Squared* sebesar 0,534982 yang berarti variable keterbukaan perdagangan, energy, pendapatan perkapita, teknologi, dan populasi berpengaruh sebesar 53,49% terhadap Indeks Kinerja Lingkungan di negara-OECD sedangkan sisanya sebesar 46,51% dijelaskan oleh variable lain.

Tabel 2. Hasil Output OECD

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2599.034	233.3183	11.13943	0.0000
LOGENERGY	129.7615	12.06647	10.75389	0.0000
LOGTO	14.50695	1.502230	9.656945	0.0000
LOGTECHNO	66.68990	5.603277	11.90195	0.0000
LOGPOPULATION	39.48922	4.444431	8.885101	0.0000
R-squared	0.534982	Mean dependent var		41.54178
Adjusted R-squared	0.524960	S.D. dependent var		0.617629
S.E. of regression	0.425689	Sum squared resid		42.04105
F-statistic	53.38104	Durbin-Watson stat		3.509252
Prob(F-statistic)	0.000000			

Sumber Data : Data diolah, 2024

Berdasarkan tabel diatas maka persamaan penelitian ini adalah:

$$EPI = 14.50695\log To + 129.7615\log Energy + 66.68990\log Techno + 39.48922\log Pop + e_{it}$$

- EPI = Indeks Kinerja Lingkungan
- logTO = Keterbukaan perdagangan
- logEnergy = Energi
- logTechno = Teknologi
- logPop = Populasi penduduk
- e_{it} = Error

Keterbukaan perdagangan memiliki nilai koefisien 14,5% yang berarti keterbukaan perdagangan memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD. Jika keterbukaan perdagangan meningkat 1% maka indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD akan meningkat sebesar 14,5%. Baek et al. (2019) menunjukkan bahwa perdagangan berpengaruh positif terhadap kualitas lingkungan di negara maju seperti OECD dan Cina. Menurut Copeland dan Taylor (2018), keterbukaan perdagangan dapat mempengaruhi lingkungan melalui dua saluran utama: efek skala dan efek komposisi. Efek skala mengacu pada dampak perdagangan pada tingkat kegiatan ekonomi. Secara khusus, peningkatan keterbukaan mengarah pada kegiatan ekonomi yang lebih besar, misalnya, lebih banyak layanan transportasi, dan lebih umum, lebih banyak produksi dan konsumsi barang dan jasa. Karena kegiatan ini secara inheren memerlukan biaya lingkungan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kegiatan ekonomi yang didorong oleh keterbukaan perdagangan memperburuk kualitas lingkungan. Di sisi lain, efek komposisi mengacu pada pengaruh perdagangan terhadap komposisi output lintas negara. Secara khusus, negara-negara miskin dengan peraturan lingkungan yang relatif lemah akan mengkhususkan diri dalam memproduksi barang-barang kotor sementara negara-negara kaya dengan kebijakan lingkungan yang keras mengkhususkan diri pada barang-barang bersih. Hal ini menyebabkan pergeseran industri pencemar dari negara maju ke negara berkembang (Copeland dan Taylor, 2018). Pandangan ini konsisten dengan Baek et al. (2019) yang menemukan bahwa perdagangan berdampak positif terhadap kualitas

lingkungan di negara maju. Migrasi industri kotor menimbulkan kekhawatiran serius bahwa negara-negara miskin dan kurang berkembang semakin menanggung beban polusi konsumsi di negara-negara kaya dan maju seperti negara-negara OECD (Copeland dan Taylor, 2018). Namun ada juga alasan konseptual untuk efek menguntungkan dari perdagangan terhadap lingkungan. Antweiler dkk. (2021) berpendapat bahwa peningkatan keterbukaan dapat mempromosikan lingkungan melalui efek teknik. Secara khusus, jika pendapatan riil yang lebih tinggi yang disebabkan oleh liberalisasi perdagangan mengarah ke tingkat pembangunan ekonomi yang lebih tinggi yang biasanya dikaitkan dengan kemampuan dan kemauan yang lebih besar untuk menerapkan dan menegakkan peraturan lingkungan, kualitas lingkungan mungkin meningkat. Selain itu, jika skala kegiatan ekonomi yang lebih besar karena peningkatan keterbukaan mendorong eksplorasi ke teknik produksi yang lebih bersih, hal ini akan mengurangi emisi polutan. Dengan kata lain, keterbukaan terhadap perdagangan dapat bermanfaat bagi lingkungan jika menghasilkan pendapatan yang memungkinkan beberapa negara untuk berspesialisasi dalam industri yang relatif bersih (Copeland dan Taylor, 2018).

Energy memiliki nilai koefisien 129.7615 yang berarti energy berpengaruh positif signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD. Jika energy meningkat 1% maka akan meningkatkan indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD sebesar 129,76%. Badan Energi Internasional (IEA) dan negara-negara OECD telah bersama-sama sepakat untuk secara intensif meningkatkan anggaran publik untuk RD & D energi yang bertujuan untuk mengurangi emisi GRK. Dalam hal ini, beberapa perjanjian baru seperti Clean Energy Ministerial (CEM) dan Mission Innovation (MI) telah ditandatangani yang bertujuan untuk mempromosikan teknologi energi bersih dan berjanji untuk menggandakan pengeluaran untuk R&D energi bersih dan kegiatan terkait di bawah bidang inovasi utama (Internasional Badan Energi, 2019). Selain itu, negara-negara OECD setuju untuk mematuhi Protokol Kyoto, yang bertujuan untuk mengurangi emisi GRK dan melawan tantangan lingkungan global. Oleh karena itu, negara-negara OECD memiliki niat tinggi untuk memaksimalkan anggaran publik pada RD & D di sektor energi untuk mempromosikan sumber energi bersih dan mengurangi ketergantungan mereka pada bahan bakar fosil. Hal ini karena emisi GRK dari pembakaran bahan bakar fosil telah meningkat 6% pada tahun 2015 dan dianggap sebagai penyebab utama di balik degradasi lingkungan di negara-negara OECD (Zhang, Hassan, & Iqbal, 2019). Dalam skenario saat ini, peran sektor keuangan dalam mendorong inovasi energi sangat penting di negara-negara OECD. Hal ini karena sektor keuangan negara-negara OECD mencakup 80% dari sektor keuangan dunia dan berkembang dengan baik dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia (al Mamun et al., 2018). Oleh karena itu, kelompok negara ini memiliki potensi besar untuk memimpin seluruh dunia, terutama peran pembangunan keuangan dalam merangsang inovasi energi (Baloch & Meng, 2019).

Teknologi memiliki nilai koefisien 66.68990 yang berarti teknologi berpengaruh positif signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD. Jika teknologi meningkat 1% maka akan meningkatkan indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD sebesar 66,68%. Beberapa makalah berusaha untuk menghubungkan teknologi dengan emisi CO₂ untuk mengeksplorasi efek teknologi. Adapun studi perhubungan energi teknologi, pendekatan berbeda tergantung pada ukuran sampel, metodologi yang digunakan, dan data yang dikumpulkan. Zhang dan Liu (2015) meneliti hubungan antara teknologi dan emisi CO₂ untuk Cina. Mereka menerapkan model *Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology* (STIRPAT) dengan data dari tahun 2000 hingga 2010. Studi tersebut menyimpulkan bahwa industri teknologi mengurangi emisi CO₂ China, menunjukkan bahwa teknologi dapat membantu

mencapai target lingkungan. Selanjutnya, penelitian tersebut membawa bukti regional dan mengklaim bahwa pengaruh kuat teknologi pada emisi CO₂ penting di wilayah tengah. Mengenai studi multi-negara, Lee dan Brahmasurene (2014) menilai hubungan antara ICT, pertumbuhan ekonomi, dan emisi CO₂ untuk 9 negara ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*). Menggunakan teknik kointegrasi dengan data tahunan dari tahun 1991 hingga 2009, teknologi mengungkapkan efek positif yang sangat signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂. Salahuddin dkk. (2016) memperkirakan dampak penggunaan internet dan pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂ untuk 31 negara OECD. Menggunakan data dari tahun 1991 hingga 2012, uji kointegrasi panel Pedroni dan perkiraan PMG sangat bermanfaat. Sementara penggunaan internet menunjukkan efek positif pada emisi CO₂, tidak ada hubungan sebab akibat yang terdeteksi. Selain itu, analisis menemukan bukti bahwa penggunaan internet meningkatkan perkembangan keuangan dan keterbukaan perdagangan. Dengan demikian, mereka menyimpulkan bahwa peningkatan penggunaan internet lebih lanjut tidak akan secara signifikan mempengaruhi lingkungan di wilayah OECD. Raheem dkk. (2020) menerapkan estimator PMG selama periode 1990-2014 untuk memeriksa peran teknologi dan pembangunan keuangan pada pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ untuk negara-negara G-7.

Populasi penduduk memiliki nilai koefisien 39.48922 yang berarti populasi berpengaruh positif signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD. Jika populasi meningkat 1% maka akan meningkatkan indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD sebesar 39,48%. Saat ini, efek populasi terhadap emisi karbon masih belum meyakinkan. Beberapa pihak berpendapat bahwa dengan bertambahnya populasi, keadaan konsumsi energi telah berubah menjadi barang dan jasa yang padat energi secara bertahap, sehingga secara tidak langsung meningkatkan tingkat emisi. Yang lain berpendapat bahwa tingkat pendapatan dan kebiasaan hidup populasi membuat mereka lebih condong ke pola konsumsi rendah karbon dan ramah lingkungan, yang dapat meningkatkan kualitas lingkungan di masa depan (Yang and Wang, 2020). Dalam studi awal, populasi biasanya muncul dalam model penelitian yang berbeda sebagai salah satu indikator populasi. Sebagai contoh, dalam studi model lingkungan pertumbuhan ekonomi energi, An dan Jeon (2006) menggunakan data panel negara-negara OECD pada tahun 1960-2000 dengan regresi lintas wilayah dan estimasi kernel nonparametrik yang dilakukan untuk memverifikasi kurva berbentuk U terbalik antara populasi, perubahan dan indikator ekonomi. Dalton dkk. (2008) menyelidiki pengaruh populasi pada pemanfaatan energi dan jalur emisi CO₂ di Amerika Serikat dan menemukan bahwa emisi CO₂ di masa depan mungkin berkurang sekitar 40% dalam skenario populasi rendah. Dalam beberapa kasus, pengaruh populasi pada emisi CO₂ mungkin sama besarnya atau bahkan lebih besar dari perubahan teknologi, seperti yang ditunjukkan oleh penulis. Kronenberg (2009) menerapkan model input-output dengan fungsi produksi linier untuk mengintegrasikan demografi ke dalam kerangka energi-lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan demografi Jerman tidak berkontribusi pada penurunan konsumsi energi dan GRK di Jerman hingga tahun 2030. Menz dan Welsch (2012) memperluas emisi makroekonomi sebelumnya melalui struktur usia populasi (siklus hidup) dan komposisi tahun kelahiran (kohort memengaruhi). Estimasi koefisien data panel dari 26 negara OECD dari tahun 1960 hingga 2005 menunjukkan bahwa siklus hidup dan efek kohort merupakan penyebab emisi karbon di negara-negara OECD. Selain itu, model STIRPAT dan model perluasannya, yang mengambil populasi sebagai salah satu faktor penting, telah digunakan dalam penelitian penuaan populasi dan emisi karbon dalam beberapa tahun terakhir. Zhang dan Tan (2016) mengeksplorasi pengaruh penuaan populasi terhadap emisi karbon dioksida di Cina di tingkat nasional dan provinsi berdasarkan STIRPAT. Kemudian

mereka menemukan bahwa orang tua mempromosikan emisi CO₂ di tingkat negara dan perbedaan regional ada. Zhou dan Liu (2016) mempelajari mekanisme emisi karbon di tingkat provinsi di China dengan model STIRPAT yang ditingkatkan, dan menemukan bahwa perubahan proporsi kelompok usia kerja berdampak positif pada emisi CO₂ di China dan wilayah timurnya. Yang dan Wang (2020) menggunakan model ambang batas panel untuk meneliti dampak nonlinier antara usia dan emisi karbon di 10 provinsi di Cina dan menemukan bahwa apakah tingkat usia di bawah atau di atas ambang batas, hal itu berdampak negatif pada emisi CO₂.

KESIMPULAN

Pengurangan masalah lingkungan melalui sarana teknologi atau sarana ekonomi seperti kenaikan harga bahan bakar, pengenalan pajak untuk membatasi konsumsi bahan bakar fosil adalah dua cara utama yang diberikan studi sebelumnya. Namun, kebijakan dan inovasi ini mungkin memiliki konsekuensi pertumbuhan meskipun dapat mengurangi masalah lingkungan. Solusi potensial yang mungkin adalah dapat mengatur faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi indeks kinerja lingkungannya. Namun demikian, ini hanya dapat dilakukan jika ada hubungan yang mapan di antara faktor-faktor yang mempengaruhi. Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka perlu adanya penelitian yang membahas tentang pengaruh keterbukaan perdagangan, energi, teknologi, dan populasi penduduk terhadap indeks kinerja lingkungan di OECD. Penelitian ini secara empiris bertujuan untuk menganalisis pengaruh keterbukaan perdagangan terhadap indeks kinerja lingkungan di OECD. Berdasarkan hasil analisis, keterbukaan perdagangan, energi, teknologi, dan populasi penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap indeks kinerja lingkungan di negara-negara OECD.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, F., & Riaz, K. (2016). CO₂ emissions and financial development in an emerging economy: An augmented VAR approach. *Energy Policy*, 90, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.017>
- Aguilera-Caracuel, J., Guerrero-Villegas, J., Garcia-Sanchez, E. (2020). Does green innovation affect the financial performance of Multilatinas? The moderating role of ISO 14001 and R&D investment. *Business Strategy and the Environment*, in press, <https://doi.org/10.1002/bse.2572>
- Al Mamun, M., Sohag, K., Shahbaz, M., & Hammoudeh, S. (2018). Financial markets, innovations and cleaner energy production in OECD countries. *Energy Economics*, 72, 236–254. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.04.011>
- Alvarez-Herránz, A., Balsalobre, D., Cantos, J. M., & Shahbaz, M. (2017). Energy innovations-GHG emissions nexus: Fresh empirical evidence from OECD countries. *Energy Policy*, 101, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.030>
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*, 105, 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.009>
- Baloch, M. A., & Meng, F. (2019). Modeling the non-linear relationship between financial development and energy consumption: Statistical experience from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 8838–8846. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04317-9>
- Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO₂ emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632–638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.028>
- Baloch, M. A., Meng, F., Zhang, J., & Xu, Z. (2018). Financial instability and CO₂ emissions: The case of Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 26030–26045. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2654-2>
- Balsalobre, D., Alvarez, A., & Cantos, J. M. (2015). Public budgets for energy RD&D and the effects on energy intensity and pollution levels. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4881–4892. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3121-3>

- Baltagi, B. H., Bratberg, E., & Holmås, T. H. (2005). A panel data study of physicians' labor supply: The case of Norway. *Health Economics*, 14, 1035–1045. <https://doi.org/10.1002/hec.991>
- Chang, S.-C. (2015). Effects of financial developments and income on energy consumption. *International Review of Economics and Finance*, 35, 28–44. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2014.08.011>
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, 42, 7–71.
- Dalton, M., O'Neill, B., Prskawetz, A., Jiang, L., & Pitkin, J. (2008). Population aging and future carbon emissions in the United States. *Energy Economics*, 30, 642–675.
- Demirel, M., Demirel, D. H., & Isik, U. (2016). Environmental sustainability for future generations (a comparison of 2020's candidate cities). *Anthropologist*, 24, 652–656.
- Destek, M. A., & Okumus, I. (2019). Does pollution haven hypothesis hold in newly industrialized countries? Evidence from ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 23689–23695.
- Dogan, B., & Deger, O. (2016). How globalization and economic growth affect energy consumption: panel data analysis in the sample of Brazil, Russia, India, China countries. *Journal of Energy Economics Policy*, 6, 806–813.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29, 1450–1460.
- Eberhardt, M. (2012). Estimating panel time-series models with heterogeneous slopes. *Stata Journal: Promoting Communications in Statistics and Stata*, 12, 61–71. <https://doi.org/10.1177/1536867X1201200105>
- Ertugrul, H. M., Cetin, M., Seker, F., & Dogan, E. (2016). The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries. *Ecological Indicators*, 67, 543–555.
- Fang, J., Gozgor, G., Lu, Z., & Wu, W. (2019). Effects of the export product quality on carbon dioxide emissions: Evidence from developing economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 12181–12193.
- Friedl, B., & Getzner, M. (2003). Determinants of CO₂ emissions in a small open economy. *Ecological Economics*, 45, 133–148.
- Ghosh, S. (2010). Examining carbon emissions economic growth nexus for India: A multivariate cointegration approach. *Energy Policy*, 38, 3008–3014.
- Gozgor, G., & Can, M. (2016). Does export product quality matter for CO₂ emissions? Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24.
- Gozgor, G., Mahalik, M. K., Demir, E., & Padhan, H. (2020). The impact of economic globalization on renewable energy in the OECD countries. *Energy Policy*, 139, 111365.
- Hao, L.-N., Umar, M., Khan, Z., & Ali, W. (2021). Green growth and low carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is? *Science of the Total Environment*, 752, 141853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>
- Hashmi, R., & Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO₂ emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100–1109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.325>
- Hatfield-Dodds, S., Schandl, H., Adams, P. D., Baynes, T. M., Brinsmead, T. S., Bryan, B. A., et al. (2015). Australia is “free to choose” economic growth and falling environmental pressures. *Nature*, 527, 49–53. <https://doi.org/10.1038/nature16065>
- Hu, G., Can, M., Paramati, S. R., Dogan, B., & Fang, J. (2020). The effect of import product diversification on carbon emissions: New evidence for sustainable economic policies. *Economic Analysis and Policy*, 65, 198–210. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.01.004>