

**DETERMINAN DEGRADASI LINGKUNGAN DALAM UPAYA
MENCAPAI *NET ZERO EMISSIONS* DI NEGARA G20**



TESIS

**DIAJUKAN KEPADA FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
SEBAGAI SALAH SATU SYARAT MEMPEROLEH GELAR
MAGISTER EKONOMI ISLAM**

OLEH:

ALFAINA ZIA INAYATI

NIM: 24208011030

**PROGRAM STUDI MAGISTER EKONOMI SYARIAH
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

**DETERMINAN DEGRADASI LINGKUNGAN DALAM UPAYA
MENCAPAI *NET ZERO EMISSIONS* DI NEGARA G20**



TESIS

**DIAJUKAN KEPADA FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
SEBAGAI SALAH SATU SYARAT MEMPEROLEH GELAR
MAGISTER EKONOMI ISLAM**

OLEH:

ALFAINA ZIA INAYATI

NIM: 24208011030

PEMBIMBING:

DR. MUHAMMAD GHAFUR WIBOWO, S.E., M.SC.

NIP: 198003142003121003

**PROGRAM STUDI MAGISTER EKONOMI SYARIAH
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS ISLAM

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 550821, 512474 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1235/Un.02/DEB/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : **DETERMINAN DEGRADASI LINGKUNGAN DALAM UPAYA MENCAPAI *NET ZERO EMISSIONS* DI NEGARA G20**

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALFAINA ZIA INAYATI, S.E.
Nomor Induk Mahasiswa : 24208011030
Telah diujikan pada : Rabu, 19 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Muhammad Ghafur Wibowo, S.E., M.Sc.
SIGNED

Valid TD: 6a8f70e4b11ee0



Penguji I

Prof. Dr. Anton Bawono, M.Si.
SIGNED

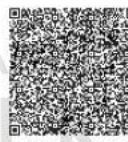
Valid TD: 6a8e17dc7a2d0



Penguji II

Dr. Akmal Ihsan
SIGNED

Valid TD: 6a803efab3545



Yogyakarta, 19 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam

Prof. Dr. Misnen Ardiansyah, S.E., M.Si., Ak., CA., ACPA.
SIGNED

Valid TD: 6a8f9642ec7a0

HALAMAN PERSETUJUAN TESIS

Hal: Tesis Saudari Alfaina Zia Inayati

Kepada,

Yth. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa tesis saudara:

Nama : Alfaina Zia Inayati
NIM : 24208011030
Judul Tesis : Determinan Degradasi Lingkungan Dalam Upaya
Mencapai *Net Zero Emissions* di Negara G20

Sudah dapat diajukan kepada Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam Jurusan/Prodi Magister Ekonomi Syariah UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Strata Dua (S2) dalam Ilmu Ekonomi Islam.

Dengan ini kami mengharapkan agar tesis saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan. Untuk itu kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 10 Agustus 2026

Pembimbing



Dr. Muhammad Ghafur Wibowo, S.E., M.Sc.
NIP: 198003142003121003

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfaina Zia Inayati
NIM : 24208011030
Prodi : Magister Ekonomi Syariah
Fakultas : Ekonomi dan Bisnis Islam

Menyatakan bahwa tesis dengan judul **“Determinan Degradasi Lingkungan Dalam Upaya Mencapai *Net Zero Emissions* di Negara G20”** secara keseluruhan benar-benar merupakan hasil penelitian/karya penyusunan sendiri, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian-bagian yang telah dirujuk sumbernya dan disebut dalam *body note* dan daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYA

Yogyakarta, 10 Agustus 2026

Hormat Saya



10000
METERAI
TEMPEL
372BAAQX112653650

Alfaina Zia Inayati

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfaina Zia Inayati
NIM : 24208011030
Program Studi : Magister Ekonomi Syariah
Fakultas : Ekonomi dan Bisnis Islam
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*non-exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Determinan Degradasi Lingkungan Dalam Upaya Mencapai Net Zero Emissions Di Negara G20”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola, dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta

Pada Tanggal : 10 Agustus 2026

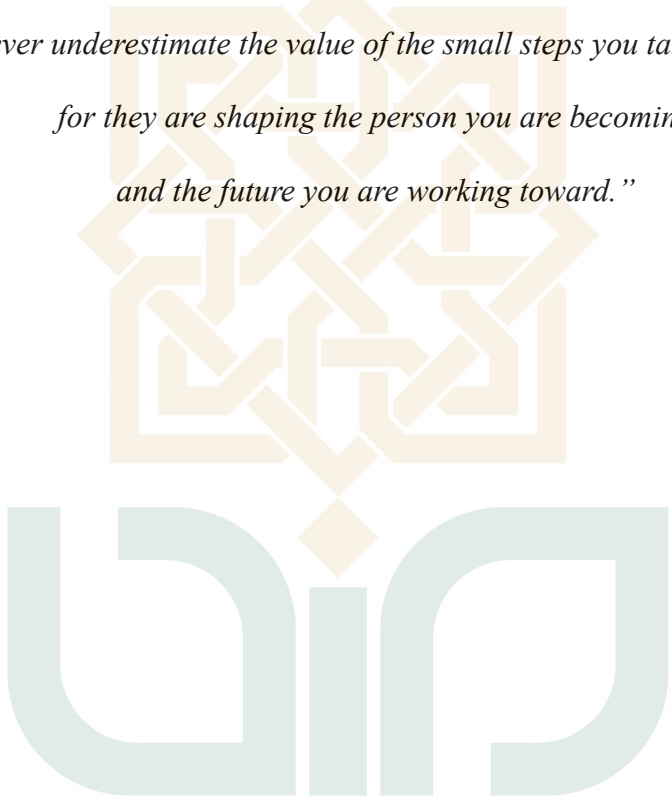
Penyusun



Alfaina Zia Inayati

HALAMAN MOTTO

*“Every journey begins with a single step,
and every achievement is built upon countless moments of patience,
persistence, doubt, and courage.
Never underestimate the value of the small steps you take today,
for they are shaping the person you are becoming
and the future you are working toward.”*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamiin.

Saya mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga tesis ini dapat terselesaikan.

Tesis ini saya persembahkan untuk kedua orang tua tercinta,

Bapak dan Ibu.

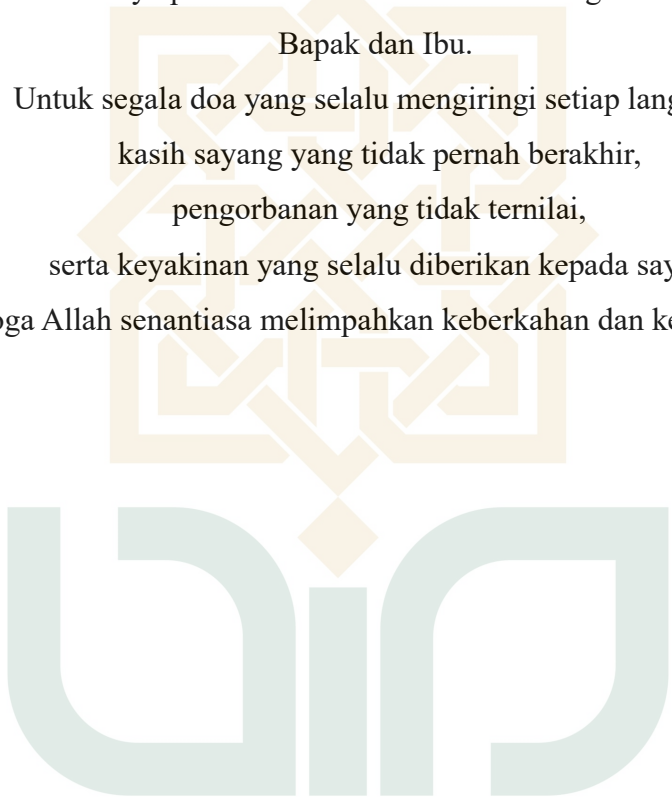
Untuk segala doa yang selalu mengiringi setiap langkah,

kasih sayang yang tidak pernah berakhir,

pengorbanan yang tidak ternilai,

serta keyakinan yang selalu diberikan kepada saya.

Semoga Allah senantiasa melimpahkan keberkahan dan kebahagiaan.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PEDOMAN TRANSLITERASI

Transliterasi kata-kata Arab yang dipakai dalam penyusunan tesis ini berpedoman pada Surat Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 158/1987 dan 0543b/U/1987.

A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Bā'	B	Be
ت	Tā'	T	Te
ث	Ṡā'	Ṡ	Es (dengan titik di atas)
ج	Jīm	J	Je
ح	Ḥā'	Ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	Khā'	Kh	Ka dan ha
د	Dāl	D	De
ذ	Ẓāl	Ẓ	Zet (dengan titik di atas)
ر	Rā'	R	Er
ز	Zāi	Z	Zet
س	Sīn	S	Es
ش	Syīn	Sy	Es dan Ya
ص	Sād	Ṣ	Es (dengan titik di bawah)
ض	Dād	Ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	Tā'	Ṭ	Te (dengan titik di bawah)

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ظ	Zā'	Z	Zet (dengan titik di bawah)
ع	'Ain	'	Koma terbalik di atas
غ	Gain	G	Ge
ف	Fā'	F	Ef
ق	Qāf	Q	Qi
ك	Kāf	K	Ka
ل	Lām	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nūn	N	En
و	Wāwu	W	W
ه	Hā'	H	Ha
ء	Hamzah	,	Apostrof
ي	Yā'	Y	Ya

B. Konsonan Rangkap karena *Syaddah* Ditulis Rangkap

مُتَعَدِّدَةٌ	Ditulis	<i>Muta'addidah</i>
عَدَّةٌ	Ditulis	<i>'iddah</i>

C. Ta' Marbuttah

Semua ta' marbuttah ditulis dengan h, baik berada pada kata tunggal ataupun berada di tengah penggabungan kata (kata yang diikuti oleh kata sandang “al”). Ketentuan ini tidak diperlukan bagi kata-kata arab yang sudah terserap dalam bahasa Indonesia, seperti shalat, zakat dan sebagainya kecuali dikehendaki kata aslinya.

حكمة	Ditulis	<i>Hikmah</i>
علة	Ditulis	<i>'illah</i>
كرمة الاولياء	Ditulis	<i>Karamah al auliya'</i>

D. Vokal Pendek dan Penerapannya

---	<i>Fathah</i>	Ditulis	<i>A</i>
---	<i>Kasrah</i>	Ditulis	<i>I</i>
---	<i>Dammah</i>	Ditulis	<i>U</i>

فعل	<i>Fathah</i>	Ditulis	<i>Fa'ala</i>
ذكر	<i>Kasrah</i>	Ditulis	<i>Žukira</i>
يذهب	<i>Dammah</i>	Ditulis	<i>Yazhabu</i>

E. Vokal Panjang

<i>Fathah + alif</i>	Ditulis	<i>Ā</i>
جاهلية	Ditulis	<i>Jāhiliyyah</i>
<i>Fathah + ya' mati</i>	Ditulis	<i>Ā</i>
تنسى	Ditulis	<i>Tansā</i>
<i>Kasrah + ya' mati</i>	Ditulis	<i>Ī</i>
كريم	Ditulis	<i>Karīm</i>
<i>Dhammah + wawu mati</i>	Ditulis	<i>Ū</i>
فروض	Ditulis	<i>Furūd</i>

F. Vokal Rangkap

<i>Fathah + ya' mati</i> بينكم	Ditulis	<i>Ai</i>
<i>Fathah + wawu mati</i> قول	Ditulis	<i>Bainakum</i>
	Ditulis	<i>Au</i>
	Ditulis	<i>Qaul</i>

G. Vokal Pendek yang Berurutan dalam Satu Kata Dipisahkan dengan Apostrof

أَنتُمْ	Ditulis	<i>A'antum</i>
أَعَدَّتْ	Ditulis	<i>U'iddat</i>
لَئِنْ شَكَرْتُمْ	Ditulis	<i>La'in syakartum</i>

H. Kata Sandang Alif dan Lam

1. Bila diikuti huruf *Qamariyyah* maka ditulis menggunakan huruf awal “al”.

الْقُرْآن	Ditulis	<i>Al-Quran</i>
الْقِيَاس	Ditulis	<i>Al-Qiyas</i>

2. Bila diikuti huruf *Syamsiyyah* maka ditulis sesuai dengan huruf pertama *Syamsiyyah* tersebut.

السَّمَاءِ	Ditulis	<i>As-Samā'</i>
الشَّمْسِ	Ditulis	<i>Asy-syams</i>

I. Penulisan Kata-Kata Dalam Rangkaian Kalimat

Ditulis menurut penulisannya

ذَوِي الْفُرُوضِ	Ditulis	<i>Zawī al-furūd</i>
أَهْلُ السُّنَّةِ	Ditulis	<i>Ahl as-sunnah</i>

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji Syukur hanya bagi Allah atas segala hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **“Determinan Degradasi Lingkungan Dalam Upaya Mencapai Net Zero Emissions di Negara G20”**. Shalawat serta salam semoga tetap terlimpah-curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga serta sahabatnya.

Tesis ini dapat terselesaikan tak terlepas dari dukungan dan doa dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Noorhadi, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Misnen Ardiansyah, S.E., M.Si., Ak., CA., ACPA., selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Muhammad Ghafur Wibowo., S.E., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Ekonomi Syariah serta Dosen Pembimbing Tesis yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, saran, serta selalu memotivasi penulis untuk menyelesaikan tesis ini dengan baik.
4. Dosen Program Studi Magister Ekonomi Syariah yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan berlangsung.
5. Bagian *staff* tata usaha dan seluruh pegawai yang telah membantu dalam hal administrasi selama menempuh pendidikan.
6. Kedua orang tua tersayang H.Marsudi Iman dan Hj.Siti Aisyah, adik terkasih Rausyan Fahmi, serta seluruh keluarga besar penulis yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan semangat hingga tesis ini dapat terselesaikan.
7. Teman-teman terbaik penulis Amalia Miftakhul Rochmah, Annisa Risma Rafika, Azmi Mahrunnisa, Ikhwan Victhori, dan Adenanda Putie yang tidak bosan mendengarkan keluh kesah dan selalu hadir selama penyusunan tesis.

8. Teman-teman Magister Ekonomi Syariah kelas C yang sudah menemani proses selama perkuliahan.
9. Dan kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga bantuan dukungan, dan kebersamaan yang telah diberikan dapat menjadi amal baik yang akan melancarkan segala hal yang sedang diusahakan.

Selayaknya manusia biasa, penulisan tesis ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan menyempurnakan penulisan tesis ini serta bermanfaat bagi penulis dan pembaca. *Aamiin.*

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 10 Agustus 2026

Penyusun



Alfaina Zia Inayati

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TESIS	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
PEDOMAN TRANSLITERASI	viii
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	11
C. Tujuan Penelitian.....	12
D. Manfaat Penelitian.....	12
E. Sistematika Pembahasan.....	14
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA.....	16
A. Landasan Teori.....	16
1. Degradasi Lingkungan.....	16
2. <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC).....	19
3. <i>Extended STIRPAT Framework</i>	24
4. <i>Pollution Haven Hypothesis</i>	27
5. <i>Ecological Modernization Theory</i>	29
6. Teori Transisi Energi	31
7. Teori Kelembagaan.....	33
8. Degradasi Lingkungan dalam Perspektif Islam	35
B. Kajian Pustaka	37

C. Pengembangan Hipotesis.....	42
1. Hubungan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Degradasi Lingkungan.....	42
2. Hubungan Industrialisasi Terhadap Degradasi Lingkungan.....	44
3. Hubungan <i>Foreign Direct Investment (FDI)</i> Terhadap Degradasi Lingkungan	45
4. Hubungan Inovasi Teknologi Hijau Terhadap Degradasi Lingkungan ...	46
5. Hubungan Energi Terbarukan Terhadap Degradasi Lingkungan	47
6. Hubungan Kualitas Institusi Terhadap Degradasi Lingkungan	48
D. Kerangka Teoritis Penelitian.....	49
BAB III METODE PENELITIAN	50
A. Jenis Penelitian	50
B. Definisi Operasional Variabel.....	50
C. Populasi dan Sampel.....	59
D. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	62
E. Teknik Analisis Data.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	76
A. Gambaran Umum Objek Penelitian.....	76
B. Analisis Statistika Deskriptif.....	78
C. Uji Multikolinearitas.....	86
D. Uji Stasioneritas.....	87
E. Uji Kointegrasi	92
F. Uji Spesifikasi Model (<i>Hausman Test</i>).....	94
G. Hasil Estimasi Model PMG-ARDL (<i>Pooled Mean Group Autoregressive Distributed Lag</i>) Jangka Panjang.....	97
H. Estimasi Model PMG-ARDL (<i>Pooled Mean Group Autoregressive Distributed Lag</i>) Jangka Pendek.....	101
I. Uji ECT (<i>Error Correction Term</i>)	104
J. Pembahasan Hasil Penelitian.....	106
BAB V PENUTUPAN	127
A. Kesimpulan.....	127
B. Implikasi Kebijakan.....	130

C. Keterbatasan dan Saran	131
DAFTAR PUSTAKA.....	133
LAMPIRAN.....	148
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	181



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pemilihan sampel berdasarkan kriteria kelompok 1.....	61
Tabel 3. 2 Pemilihan sampel berdasarkan kriteria kelompok 2.....	61
Tabel 3. 3 Pemilihan sampel berdasarkan kriteria kelompok 3.....	61
Tabel 3. 4 Sumber Data Penelitian.....	62
Tabel 4. 1 Hasil Statistika Deskriptif Kelompok 1	78
Tabel 4. 2 Hasil Statistik Deskriptif Kelompok 2	81
Tabel 4. 3 Hasil Statistik Deskriptif Kelompok 3	86
Tabel 4. 4 Hasil Uji Multikolinearitas.....	87
Tabel 4. 5 Hasil Uji Stasioneritas Kelompok 1	88
Tabel 4. 6 Hasil Estimasi Uji Stasioneritas Kelompok 2	90
Tabel 4. 7 Hasil Estimasi Uji Stasioneritas Kelompok 3	91
Tabel 4. 8 Hasil Uji Kointegrasi.....	93
Tabel 4. 9 Hasil Estimasi Hausman Test antara MG dan PMG	95
Tabel 4. 10 Hasil Estimasi Hausman Test antara PMG dan DFE	96
Tabel 4. 11 Hasil Estimasi Jangka Panjang PMG ARDL.....	97
Tabel 4. 12 Hasil Estimasi Jangka Pendek PMG ARDL	101
Tabel 4. 13 Hasil Estimasi ECT	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Proyeksi emisi karbon negara G20 (MtCO ₂ e per tahun).....	3
Gambar 2. 1 Kurva U terbalik EKC.....	20
Gambar 2. 2 Kerangka Teoritis Penelitian	49



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis determinan degradasi lingkungan dalam upaya untuk mencapai *Net Zero Emissions* pada negara G20. Degradasi lingkungan diproksikan menggunakan emisi karbon per kapita, sedangkan variabel independen yang digunakan meliputi pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, *foreign direct investment* (FDI), inovasi teknologi hijau, energi terbarukan, dan kualitas institusi. Penelitian ini menggunakan data panel 19 negara anggota G20 selama periode 1999–2023. Analisis dilakukan pada tiga kelompok sampel, yaitu seluruh negara G20, negara maju G20, dan negara berkembang G20. Metode analisis yang digunakan adalah *Pooled Mean Group-Autoregressive Distributed Lag* (PMG-ARDL) untuk mengidentifikasi hubungan jangka pendek dan jangka panjang variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam jangka panjang industrialisasi dan kualitas institusi berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan pada seluruh kelompok negara. Pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif signifikan pada negara G20 secara keseluruhan dan negara berkembang G20, sedangkan pada negara maju G20 tidak berpengaruh. Selanjutnya, FDI dan energi terbarukan berpengaruh negatif signifikan pada seluruh kelompok negara, sementara inovasi teknologi hijau berpengaruh negatif signifikan hanya pada negara maju G20. Pada seluruh negara anggota G20 dan negara berkembang G20, inovasi teknologi hijau berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan. Dalam jangka pendek, pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif dan signifikan pada seluruh kelompok negara, sedangkan energi terbarukan berpengaruh negatif signifikan. Industrialisasi dan FDI pada seluruh negara G20 dan negara berkembang G20 berpengaruh positif signifikan terhadap degradasi lingkungan, sementara pada negara maju G20 tidak berpengaruh. Inovasi teknologi hijau hanya berpengaruh negatif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan pada negara berkembang G20, sementara kualitas institusi tidak berpengaruh pada seluruh kelompok negara. Berdasarkan temuan tersebut, maka diperlukan peningkatan adopsi teknologi bersih yang diarahkan untuk mengurangi emisi pada proses industrialisasi serta penguatan tata kelola pemerintahan di seluruh kelompok negara. Pada negara maju G20, kebijakan perlu difokuskan pada peningkatan pajak karbon bagi industri dengan emisi tinggi serta menggunakannya untuk subsidi pengembangan teknologi hijau. Sementara pada negara berkembang G20, kebijakan perlu diarahkan untuk meningkatkan kapasitas sumber daya manusia sehingga transfer pengetahuan dan teknologi melalui FDI mendorong pengembangan inovasi teknologi hijau yang adaptif. Dengan demikian, untuk mencapai target *NZE*, negara-negara G20 membutuhkan upaya serta komitmen yang lebih kuat.

Kata Kunci: Degradasi Lingkungan, Emisi Karbon, PMG-ARDL, Negara G20, Industrialisasi, Energi Terbarukan *Net Zero Emissions*.

ABSTRACT

This study aims to analyze the determinants of environmental degradation in the efforts to achieve Net Zero Emissions in G20 countries. Environmental degradation is proxied by carbon emissions per capita, while the independent variables include economic growth, industrialization, foreign direct investment (FDI), green technological innovation, renewable energy, and institutional quality. The study employs panel data from 19 G20 member countries over the period 1999–2023. The analysis is conducted across three sample groups, namely all G20 countries, developed G20 countries, and developing G20 countries. The Pooled Mean Group-Autoregressive Distributed Lag (PMG-ARDL) method is employed to identify the short-run and long-run relationships between the independent variables and the dependent variable. The results show that, in the long run, industrialization and institutional quality have a positive and significant effect on environmental degradation across all groups of countries. Economic growth has a positive and significant effect on environmental degradation in the overall G20 sample and in developing G20 countries, while it has no significant effect in developed G20 countries. Furthermore, FDI and renewable energy have a negative and significant effect on environmental degradation across all groups, whereas green technological innovation has a negative and significant effect only in developed G20 countries. In the overall G20 sample and developing G20 countries, green technological innovation has a positive and significant effect on environmental degradation. In the short run, economic growth has a positive and significant effect across all groups, while renewable energy has a negative and significant effect. Industrialization and FDI have a positive and significant effect on environmental degradation in the overall G20 sample and developing G20 countries, but have no significant effect in developed G20 countries. Green technological innovation has a negative and significant effect on environmental degradation only in developing G20 countries, while institutional quality has no significant effect across any of the country groups. Based on these findings, greater adoption of clean technologies is required, particularly technologies aimed at reducing emissions from industrialization processes, along with stronger governance across all groups of countries. In developed G20 countries, policy should focus on increasing carbon taxes on high-emitting industries and using the resulting revenues to subsidize the development of green technologies. Meanwhile, in developing G20 countries, policies should focus on strengthening human resource capacity so that knowledge and technology transfer through FDI can promote the development of adaptive green technological innovation. Thus, to achieve the NZE target, G20 countries require stronger efforts and commitment.

Keywords: *Environmental Degradation, Carbon Emissions, PMG-ARDL, G20 Countries, Industrialization, Renewable Energy, Net Zero Emissions.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi suatu negara membutuhkan lingkungan yang berkelanjutan untuk menjaga kelestarian sumber daya alam dan kepentingan sosial ekonomi (Cutcu et al., 2023). Akan tetapi, faktanya peningkatan aktivitas ekonomi berjalan seiring dengan ancaman peningkatan degradasi lingkungan. Laporan UNEP (2025) mencatat bahwa emisi gas rumah kaca global mencapai rekor tertinggi sebesar 57.7 miliar ton pada tahun 2024, dengan emisi karbon sebagai kontributor utama. Tingginya emisi tersebut kemudian memperbesar risiko perubahan iklim yang berdampak pada stabilitas ekonomi, ketahanan pangan, serta kesejahteraan masyarakat (Gabric, 2023).

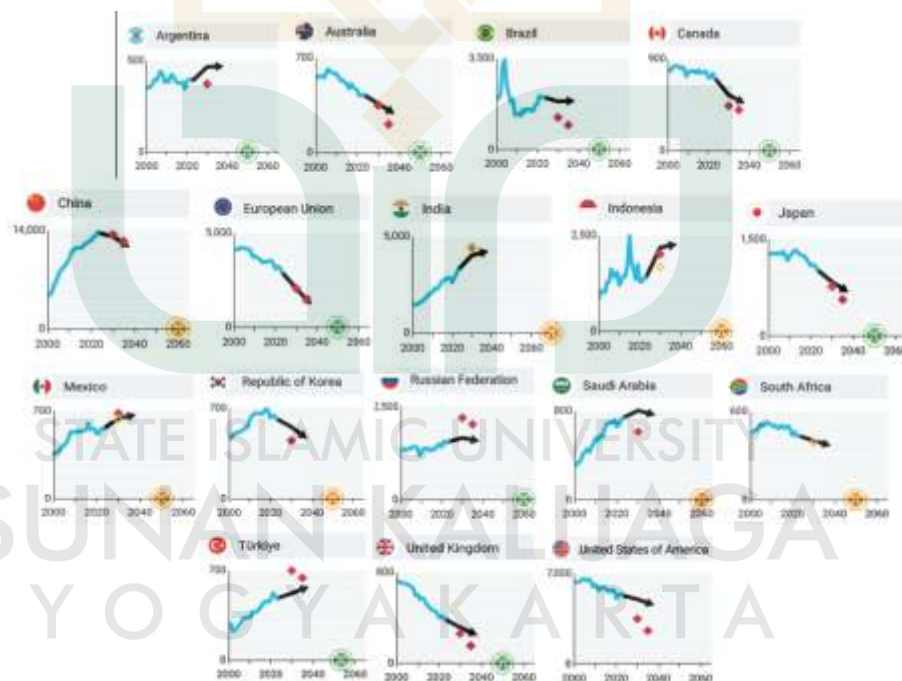
Di kawasan Asia Selatan dan Afrika Sub-Sahara, peningkatan emisi terbukti berkontribusi pada penurunan produktivitas pertanian dan kualitas nutrisi tanaman yang mengganggu hasil panen dan mengancam ketahanan pangan (Gobezie & Boka, 2023; Rehman et al., 2024). Azimi & Rahman (2024) juga menemukan bahwa tingginya tingkat emisi berdampak pada penurunan angka harapan hidup di negara dengan tingkat polusi tinggi. Lebih jauh, WEF (2024) menunjukkan proyeksi bahwa perubahan iklim berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi global sebesar US\$12,5 triliun pada tahun 2050. Dampak buruk dari degradasi lingkungan tersebut kemudian mendorong berbagai negara untuk meningkatkan upaya pencegahan, salah satu caranya adalah memperkuat komitmen dalam mencapai target *Net-Zero Emissions* (NZE) sebagai bagian

dari implementasi *Paris Agreement* dan agenda pembangunan berkelanjutan (Ahmed & Wang, 2020).

Net-Zero Emissions (NZE) merujuk pada kondisi ketika jumlah emisi gas rumah kaca yang dilepaskan seimbang dengan jumlah yang diserap kembali. Target tersebut semakin dipandang sebagai kebutuhan strategis untuk membatasi risiko ekonomi dan sosial akibat perubahan iklim (UNEP, 2025). Di sisi lain, transisi menuju rendah emisi menghadirkan peluang ekonomi melalui pengembangan teknologi bersih, penciptaan lapangan kerja di sektor energi terbarukan, serta penguatan ketahanan energi (Khalifa et al., 2022). Terlebih lagi terdapat tekanan publik yang menuntut negara-negara besar menunjukkan komitmen lebih nyata dalam pengelolaan lingkungan secara bertanggung jawab (Goerg et al., 2025).

Negara-negara G20 merupakan kelompok ekonomi utama dunia yang menyumbang sekitar 64.2 persen dari total emisi karbon global, dengan enam negara sebagai penghasil emisi terbesar, yaitu Cina, Amerika Serikat, India, Rusia, Indonesia, dan kawasan Uni Eropa (Crippa et al., 2025; EI, 2025). Besarnya kontribusi tersebut menjadikan G20 sebagai kelompok negara yang berperan dalam menentukan keberhasilan pencapaian target *NZE*. Melalui *G20 New Delhi Leaders' Declaration 2023*, anggota G20 menegaskan kembali komitmen untuk mencapai *NZE* dan meningkatkan kapasitas energi terbarukan hingga tiga kali lipat pada tahun 2030. Dengan demikian, negara G20 tidak hanya berperan sebagai penggerak utama pertumbuhan ekonomi dunia, tetapi juga aktor utama dalam mencegah perubahan iklim (G20, 2024).

Terdapat perbedaan waktu pencapaian target *NZE* di antara negara anggota. Beberapa negara seperti Jepang, Kanada, dan Inggris menargetkan *NZE* pada tahun 2050. Sementara itu, Cina dan Indonesia pada tahun 2060, serta India tahun 2070. Perbedaan target ini menunjukkan adanya variasi komitmen waktu dalam upaya mencapai netralitas karbon. Berdasarkan data dari *Emission Gap Report 2025* menunjukkan bahwa sebagian besar negara anggota G20 masih dinilai memiliki komitmen yang belum memadai dalam mencapai target *NZE*. Laporan tersebut memberikan informasi proyeksi emisi masing-masing negara berdasarkan data historis emisi karbon dan kebijakan yang telah diterapkan.



Gambar 1. 1 Proyeksi emisi karbon negara G20 (MtCO_{2e} per tahun)

Sumber: *Emission Gap Report 2025*

Pada Gambar 1.1 terlihat bahwa dinamika emisi karbon negara anggota G20 menunjukkan pola heterogen, terutama jika dilihat berdasarkan kelompok

negara menurut pendapatannya. Negara-negara maju dengan pendapatan tinggi seperti Uni Eropa, Inggris, Jepang, Kanada, Korea Selatan dan Amerika Serikat memperlihatkan penurunan emisi yang relatif konsisten dalam jangka panjang. Sebaliknya, pada kelompok negara berkembang atau berpendapatan menengah atas, seperti Turki, Meksiko, India dan beberapa negara lain, emisi karbon cenderung masih menunjukkan tren meningkat atau berada pada fase stagnasi. Sementara itu, terdapat negara dengan pola emisi yang cenderung fluktuatif yaitu Rusia, Brazil, dan Afrika Selatan. Secara keseluruhan, perbedaan tersebut menunjukkan bahwa meskipun negara anggota G20 memiliki tanggung jawab yang sama untuk menekan degradasi lingkungan dan mencapai target *NZE*, upaya transisinya belum merata. Hal ini mengindikasikan terdapat perbedaan kapasitas dan karakteristik struktural antar negara dalam menghadapi degradasi lingkungan. Oleh karena diperlukan kajian lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan kinerja tersebut.

Kemampuan suatu negara untuk mencapai target *NZE* sangat bergantung pada tingkat perkembangan ekonomi negara tersebut. Secara teoritis, hubungan pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan dapat dijelaskan melalui pendekatan *Environmental Kuznets Curve (EKC)* yang menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan, peningkatan pendapatan akan memperburuk kualitas lingkungan (Grossman, 1995; Li et al., 2024). Namun, setelah mencapai tingkat pendapatan tertentu, negara memiliki kapasitas untuk menurunkan emisi melalui adopsi teknologi ramah lingkungan dan peningkatan kesadaran lingkungan (Ridwan et al., 2024). Freire et al. (2024) menemukan bahwa

beberapa negara berpendapatan tinggi di wilayah Eropa dan Oseania telah mampu melakukan *decoupling*, yaitu ketika peningkatan pertumbuhan ekonomi tidak berjalan dengan adanya peningkatan kerusakan lingkungan (Liddle & Parker, 2024). Sebaliknya, negara berkembang masih menghadapi risiko jebakan karbon akibat memiliki ketergantungan pada infrastruktur energi fosil yang sudah lama terbangun, sehingga peningkatan pendapatan justru menambah degradasi lingkungan (Naz et al., 2024). Namun demikian, Fakher et al. (2023) mengungkapkan bahwa pada beberapa negara maju dengan pendapatan sangat tinggi, pola EKC tidak membentuk huruf U terbalik, namun huruf N. Hal tersebut terjadi ketika pertumbuhan ekonomi telah berhasil menekan degradasi lingkungan, akan tetapi kembali meningkat akibat ekspansi ekonomi melampaui efektivitas teknologi hijau dan kebijakan lingkungan yang telah diterapkan. Maka, hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan tidak bersifat tunggal, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Salah satu faktor lain yang turut berkontribusi pada perubahan pola EKC adalah struktur ekonomi suatu negara. Perubahan struktur ekonomi dari sektor pertanian menuju sektor industri manufaktur sering dipandang lebih produktif dalam menciptakan nilai tambah yang lebih besar bagi perekonomian (Forero & Tena, 2024). Akibatnya, negara cenderung melakukan ekspansi besar-besaran demi mencapai pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Di sisi lain, ekspansi sektor industri yang semakin pesat meningkatkan konsumsi energi berbasis fosil yang berdampak buruk terhadap lingkungan (Huang et al., 2023). Pada beberapa kota di Cina, industrialisasi terbukti menjadi faktor utama peningkatan degradasi

lingkungan, terutama di wilayah dengan sektor industri padat energi dan penggunaan teknologi yang belum efisien (Qiao et al., 2024; Rasheed et al., 2024). F. Ahmed et al. (2022) juga menemukan bahwa industrialisasi menjadi faktor utama yang meningkatkan kerusakan ekologis di kawasan Asia Pasifik. Sebaliknya, negara yang memiliki tingkat industrialisasi lebih maju memiliki peluang lebih besar untuk mengadopsi teknologi rendah karbon, sehingga mampu menekan degradasi lingkungan dari aktivitas produksinya (Kakar et al., 2024). Terlebih jika struktur ekonomi negara tersebut sebagian besar sudah beralih ke sektor jasa dan inovasi pengetahuan yang relatif lebih rendah karbon (Dezfuli et al., 2025). Argumen tersebut sejalan dengan temuan Kahia & Ben Jebli (2021) bahwa dari 10 negara dengan tingkat industrialisasi tertinggi, industrialisasi di Denmark dan Norwegia terbukti dapat menurunkan degradasi lingkungan dalam jangka panjang.

Berangkat dari dinamika perubahan struktur ekonomi tersebut, *foreign direct investment (FDI)* dapat berperan sebagai katalis dalam mempercepat proses industrialisasi di berbagai negara. Penanaman modal asing tidak hanya membawa finansial dalam jumlah besar, tetapi juga membuka akses inovasi teknologi dan pengetahuan bagi industri domestik (Musah et al., 2022). Namun demikian, arus masuk FDI yang hanya terfokus pada sektor manufaktur berat dan energi berbasis fosil memiliki kontribusi terhadap peningkatan degradasi lingkungan (Caetano & Marques, 2024). Kondisi ini juga dipengaruhi oleh kualitas regulasi lingkungan pada negara penerima investasi. Penelitian yang dilakukan Liang (2025) pada negara maju dan berkembang menunjukkan efek

FDI yang berbeda. FDI berkontribusi pada penurunan pencemaran lingkungan di negara maju dengan regulasi lingkungan yang ketat, sedangkan di negara berkembang dengan regulasi longgar, FDI justru mempercepat kerusakan lingkungan alih-alih mendorong modernisasi industri (Arif et al., 2022). Apergis et al. (2023) menambahkan bahwa investasi asing dari negara Inggris ke negara BRICS, terbukti berdampak buruk pada lingkungan. Dampak yang berbeda terjadi apabila FDI disalurkan pada sektor teknologi tinggi. Temuan Wang et al. (2022) menunjukkan bahwa mekanisme transfer teknologi dan pengetahuan melalui FDI berkontribusi pada penurunan emisi di Cina. Lebih lanjut, Herzer (2025) menjelaskan bahwa FDI terbukti meningkatkan kualitas lingkungan di negara G7, meskipun efeknya tergantung pada kapasitas absorpsi teknologi dan kualitas sumber daya manusia negara penerima.

Salah satu hasil dari penanaman asing tercermin dari seberapa besar inovasi teknologi pada suatu negara. Dalam literatur lingkungan, inovasi teknologi yang dimaksud adalah pengembangan dan penerapan teknologi yang bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi konsumsi energi fosil. Negara yang memiliki banyak inovasi teknologi hijau cenderung lebih cepat dalam melakukan transisi dari energi fosil ke energi terbarukan. Hal ini terjadi karena inovasi tidak hanya menciptakan teknologi baru, tetapi juga mempercepat *commercialization* teknologi yang sudah ada dan meningkatkan daya saing industri dengan energi bersih (Alnour et al., 2024). Petrović & Lobanov (2020) menemukan bahwa peningkatan inovasi teknologi hijau berkontribusi pada penurunan emisi pada jangka panjang di beberapa

negara OECD. Temuan tersebut sejalan dengan Zhu et al. (2024) yang menunjukkan efek inovasi teknologi hijau terhadap peningkatan kualitas lingkungan di negara BRICS. Sebaliknya, inovasi teknologi hijau dapat memicu degradasi lingkungan kembali ketika peningkatan efisiensi energi kemudian menambah konsumsi energi atau aktivitas ekonomi menjadi lebih besar dengan nama *rebound effect* (L. M. Han et al., 2023).

Dalam upaya menuju rendah karbon, transisi energi dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan menjadi salah satu faktor penting. Energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, biomassa, dan *hidro* memiliki karakteristik emisi yang lebih rendah sehingga berpotensi mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Kinyar & Bothongo (2024) menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan energi terbarukan secara signifikan menurunkan emisi karbon di Inggris. Jie & Rabnawaz (2024) menambahkan bahwa substitusi energi fosil dengan sumber terbarukan merupakan jalur transisi yang paling konsisten pada negara berkembang yang masih berada dalam fase industrialisasi aktif. Sebaliknya, Yang et al. (2022) menyatakan bahwa dampak energi terbarukan tidak selalu konsisten. Efektivitasnya dapat dipengaruhi oleh struktur investasi dan tingkat efisiensi teknologi. Argumen tersebut sejalan dengan temuan Altın (2024) bahwa energi terbarukan di negara G7 justru berkontribusi pada peningkatan degradasi lingkungan. Lebih lanjut, Deng et al. (2024) menilai bahwa besaran dampak dari energi terbarukan masih jauh untuk dapat mengimbangi kerusakan lingkungan akibat aktivitas ekonomi.

Seluruh faktor-faktor tersebut pada dasarnya tidak dapat dipisahkan dari peran institusi dalam memastikan bahwa komitmen *NZE* tidak hanya bersifat deklaratif, tetapi juga dapat diimplementasikan secara konsisten. Kualitas institusi yang baik mampu menciptakan regulasi lingkungan yang efektif dan meningkatkan transparansi pengelolaan investasi serta belanja publik. Kondisi tersebut mendukung pengembangan energi terbarukan yang dapat menekan degradasi lingkungan (Abou Houran, 2023; Azimi & Rahman, 2023). Bambi et al. (2024) menemukan bahwa kualitas institusi dengan menggabungkan seluruh indikator lembaga dari WGI terbukti menurunkan kerusakan lingkungan di Afrika Sub-sahara. Temuan serupa ditunjukkan Alharthi et al. (2025) pada negara dengan tingkat polusi tertinggi, di mana tata kelola institusi berperan dalam penurunan pencemaran lingkungan. Di sisi lain, ketika pemerintah lebih berorientasi pada ekspansi aktivitas ekonomi dibandingkan kualitas lingkungan, penerapan regulasi untuk menarik investasi cenderung diberikan kelonggaran. Kondisi tersebut sering kali terjadi di beberapa negara berkembang, sehingga peningkatan kualitas institusi memperparah degradasi lingkungan (Yuan et al., 2025).

Berdasarkan pemetaan kajian di atas, berbagai hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengaruh pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, *foreign direct investment (FDI)*, inovasi teknologi hijau, energi terbarukan, dan kualitas institusi terhadap degradasi lingkungan menghasilkan temuan yang beragam. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik negara dan tingkat pembangunan negara yang menjadi objek penelitian. Selain itu, sebagian

penelitian masih berfokus pada kelompok negara atau kawasan dengan karakteristik homogen atau serupa. Oleh karena itu, masih ada keterbatasan untuk menjelaskan apakah determinan degradasi lingkungan memiliki pengaruh yang berbeda antara negara maju dan negara berkembang, terutama dalam kelompok negara yang memiliki peran serupa terhadap perekonomian global.

Kelompok negara anggota G20 merupakan kontributor utama emisi karbon global, selain itu terdiri dari negara maju dan berkembang yang memiliki karakteristik yang berbeda pada tingkat pendapatan, struktur ekonomi, maupun tata kelola pemerintahannya. Perbedaan karakteristik tersebut memungkinkan suatu faktor yang sama dapat memberikan dampak lingkungan yang berbeda antar kelompok negara. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan analisis determinan degradasi lingkungan pada seluruh negara G20, serta membaginya ke dalam kelompok negara maju dan negara berkembang berdasarkan kategori IMF. Pendekatan tersebut diharapkan dapat mengisi kesenjangan empiris untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai heterogenitas determinan degradasi lingkungan, sekaligus memberikan implikasi kebijakan yang lebih sesuai dengan karakteristik masing-masing kelompok negara dalam upaya mencapai NZE.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penelitian ini diberi judul ***“Determinan Degradasi Lingkungan Dalam Upaya Mencapai Net Zero Emissions di Negara G20”***.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah pertumbuhan ekonomi berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?
2. Apakah industrialisasi berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?
3. Apakah *foreign direct investment (FDI)* berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?
4. Apakah inovasi teknologi hijau berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?
5. Apakah energi terbarukan berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?
6. Apakah kualitas institusi berpengaruh terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.
2. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh industrialisasi terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.
3. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh *foreign direct investment (FDI)* terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.
4. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh inovasi teknologi hijau terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.
5. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh energi terbarukan terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.
6. Menganalisis dan menjelaskan pengaruh kualitas institusi terhadap degradasi lingkungan pada negara-negara G20 secara keseluruhan, serta kelompok negara maju dan negara berkembang anggota G20.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

1. Bidang Akademik

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur dalam bidang ekonomi lingkungan, khususnya terkait determinan degradasi lingkungan yang meliputi pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, *foreign direct investment (FDI)*, teknologi hijau, energi terbarukan, serta kualitas institusi dalam upaya pencapaian target *NZE*. Secara teoretis, penelitian ini mengembangkan kerangka *Environmental Kuznets Curve (EKC)* dari Grossman & Krueger (1995) melalui analisis mekanisme efek skala, komposisi, dan teknik, serta mengintegrasikan kerangka STIRPAT yang dikembangkan (Dietz & Rosa, 1994). Hasil pada penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya yang mengkaji keberlanjutan lingkungan.

2. Bidang Praktisi

Hasil dari penelitian ini dapat membantu praktisi seperti perusahaan multinasional dan pengelola industri dalam menyusun strategi bisnis dan arah investasi pada sektor yang selaras dengan keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, perusahaan dapat menyeimbangkan pencapaian manfaat ekonomi dengan pengurangan degradasi lingkungan dalam upaya transisi menuju *NZE*.

3. Bidang Pemerintahan

Temuan pada penelitian ini membantu pemerintah mengidentifikasi prioritas kebijakan yang efektif untuk mencegah degradasi lingkungan demi mencapai target *NZE*. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam

meningkatkan efektivitas tata kelola pemerintahan dengan implementasi kebijakan lingkungan secara optimal.

E. Sistematika Pembahasan

Penelitian ini disusun dalam lima bab yang saling berkaitan dan menjelaskan tahapan penelitian secara sistematis. Adapun sistematika pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab pertama menjelaskan mengenai latar belakang penelitian yang menguraikan fenomena dan permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian. Pembahasan diawali dengan kondisi umum terkait isu degradasi lingkungan, identifikasi permasalahan, serta pentingnya penelitian dilakukan baik secara teoritis maupun empiris. Selanjutnya, bab ini membahas rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, serta manfaat penelitian.

Bab kedua membahas dasar teoritis yang menjadi landasan dalam menjelaskan hubungan antar variabel penelitian. Selain itu, bab ini menguraikan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian sebagai dasar untuk melihat kesenjangan penelitian (*research gap*) dan posisi penelitian yang dilakukan. Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu, bagian akhir bab ini menjelaskan pengembangan hipotesis penelitian yang menggambarkan dugaan hubungan antar variabel yang akan diuji secara empiris.

Bab ketiga menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Pembahasan meliputi desain penelitian, jenis dan sumber data, populasi dan sampel penelitian, definisi

operasional serta pengukuran variabel penelitian, dan model analisis yang digunakan. Selanjutnya, bab ini menjelaskan tahapan pengujian data yang meliputi analisis statistik deskriptif, pengujian stasioneritas akar unit, pengujian kointegrasi, serta pemilihan model estimasi terbaik melalui uji Hausman antara *Mean Group (MG)*, *Pooled Mean Group (PMG)*, dan *Dynamic Fixed Effects (DFE)*. Pada bagian akhir dijelaskan model estimasi Panel ARDL-PMG beserta tahapan interpretasi hasil estimasi.

Bab keempat menyajikan hasil penelitian berdasarkan pengolahan data dengan metode yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Bab ini juga memberikan pembahasan terkait hasil estimasi yang kemudian dianalisis secara mendalam dengan menghubungkan temuan empiris terhadap teori yang digunakan dan hasil penelitian terdahulu. Pembahasan dilakukan untuk menjelaskan arah dan signifikansi pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen, serta membahas implikasi hasil penelitian terhadap fenomena yang menjadi fokus penelitian.

Bab kelima merupakan bagian akhir penelitian yang berisi kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selanjutnya, memberikan rekomendasi atau implikasi kebijakan yang dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penelitian. Selain itu, bab ini menjelaskan keterbatasan penelitian serta memberikan saran bagi penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUPAN

A. Kesimpulan

Pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap degradasi lingkungan pada seluruh negara G20 dan negara berkembang G20 dalam jangka panjang, sedangkan pada negara maju G20 pengaruhnya tidak signifikan. Dalam jangka pendek, pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif signifikan pada seluruh kelompok. Temuan ini sejalan dengan *scale effect* dalam kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC), ketika peningkatan produksi, konsumsi energi secara masif meningkatkan tekanan lingkungan. Pengaruh yang tidak signifikan pada negara maju anggota G20 mengindikasikan adanya potensi *decoupling*, ketika pertumbuhan ekonomi tidak diikuti peningkatan degradasi lingkungan.

Industrialisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan dalam jangka pendek maupun jangka panjang pada seluruh kelompok. Temuan ini sejalan dengan *scale effect* dalam EKC, karena ekspansi industri meningkatkan konsumsi energi fosil, emisi, limbah, dan eksploitasi sumber daya. Kondisi tersebut diperkuat oleh *carbon lock-in*, ketika investasi pada infrastruktur berbasis fosil menciptakan ketergantungan jangka panjang terhadap teknologi beremisi tinggi sehingga transisi menuju teknologi bersih berlangsung lebih lambat.

Foreign Direct Investment (FDI) berpengaruh negatif terhadap degradasi lingkungan pada seluruh G20 dan negara berkembang G20 dalam

jangka panjang, tetapi tidak signifikan pada negara maju G20. Hasil jangka pendek menunjukkan pola yang sama. Pengaruh negatif jangka panjang mendukung *pollution halo effect* melalui transfer teknologi, efisiensi produksi, dan praktik manajemen lingkungan yang lebih baik. Sementara itu, pengaruh positif jangka pendek mencerminkan *pollution haven hypothesis*, ketika FDI awalnya mengalir ke sektor intensif sumber daya dan polutif akibat biaya produksi serta regulasi lingkungan yang relatif lebih rendah.

Inovasi teknologi hijau berpengaruh negatif terhadap degradasi lingkungan pada negara maju G20, tetapi positif pada seluruh G20 dan negara berkembang G20 dalam jangka panjang. Pada negara maju, temuan ini mencerminkan *technique effect* dan mendukung *Ecological Modernization Theory*, yaitu ketika kemajuan teknologi meningkatkan efisiensi energi dan mendorong produksi yang lebih bersih, didukung kapasitas riset, infrastruktur, dan kebijakan lingkungan yang lebih ketat. Sebaliknya, di negara berkembang, keterbatasan difusi teknologi, pembiayaan, kesiapan industri, dan adopsi skala luas membuat inovasi hijau belum optimal dalam menekan degradasi lingkungan.

Energi terbarukan berpengaruh negatif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan pada seluruh kelompok negara, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Secara teoritis, temuan ini sangat selaras dengan teori transisi energi, yang menekankan pentingnya pergeseran dari energi fosil menuju sumber energi rendah emisi seperti surya, angin, *hidro*, dan biomassa. Energi terbarukan menekan degradasi lingkungan karena intensitas karbonnya

lebih rendah. Dalam kerangka EKC, energi terbarukan memperkuat *technique effect*, karena perbaikan teknologi energi dapat menekan dampak negatif dari pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi.

Kualitas institusi berpengaruh positif dan signifikan terhadap degradasi lingkungan dalam jangka panjang pada seluruh kelompok negara, namun tidak berpengaruh signifikan dalam jangka pendek. Secara teoritis, hasil ini menunjukkan bahwa institusi belum sepenuhnya menjalankan fungsi *technique effect* secara efektif. Institusi pada negara G20 masih dipengaruhi kepentingan ekonomi jangka pendek, lemahnya koordinasi kebijakan, atau dominasi sektor industri tertentu.

Dalam perspektif Islam menggambarkan bahwa aktivitas perekonomian pada seluruh kelompok negara G20 belum relevan dengan *Maqashid Syariah hifdz al-biah* karena orientasi pembangunan masih menempatkan peningkatan pendapatan sebagai tujuan utama, sementara kelestarian lingkungan hanya sebagai pertimbangan. Akibatnya, hubungan antara aktivitas ekonomi dan daya dukung lingkungan menjadi tidak seimbang, padahal dalam Islam kesejahteraan manusia tidak hanya diukur dari peningkatan pendapatan, tetapi juga dari kemampuan untuk menjaga ciptaan Allah, yaitu bumi dan seisinya.

Selain itu, kualitas institusi yang justru meningkatkan degradasi lingkungan menunjukkan kegagalannya berperan sebagai *khalifah*. Manusia seharusnya memiliki tanggung jawab moral untuk mengelola sumber daya alam secara bijak, menjaga keseimbangan ekologis, dan mencegah kerusakan yang dapat merugikan kehidupan sekarang maupun generasi mendatang. Dengan

demikian, temuan ini mengindikasikan adanya ketidaksesuaian antara orientasi pembangunan ekonomi dan prinsip etika Islam.

B. Implikasi Kebijakan

Implikasi kebijakan pada penelitian ini diarahkan pada upaya mendukung pencapaian target *Net Zero Emissions*.

1. Pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi di G20 perlu diarahkan menuju model pembangunan hijau. Untuk negara maju G20, fokus utamanya adalah mempercepat *absolute decoupling* melalui penurunan konsumsi berbasis karbon, sedangkan untuk negara berkembang anggota G20, prioritasnya adalah mencegah ketergantungan pada sumber energi fosil atau berada pada kondisi *carbon-lock in* dengan mendorong transisi industri yang didukung teknologi bersih dan infrastruktur rendah emisi.
2. FDI dan inovasi teknologi hijau perlu diperlakukan sebagai instrumen transisi, bukan sekadar pendorong pertumbuhan. Kebijakan pada negara penerima harus memastikan bahwa investasi asing membawa transfer teknologi rendah karbon, sementara inovasi hijau benar-benar menurunkan emisi dan tidak memicu *rebound effect*. Pada negara maju G20, penguatan R&D dan standar teknologi bersih menjadi penting, sedangkan pada negara berkembang G20, yang dibutuhkan adalah peningkatan kapasitas absorpsi, insentif adopsi teknologi, dan seleksi ketat terhadap investasi yang masuk.
3. Energi terbarukan harus ditempatkan sebagai inti strategi *NZE*. Seluruh negara G20 perlu mempercepat perluasan bauran energi terbarukan dan pensiun dini pada sumber fosil. Negara maju G20 dapat fokus pada *smart*

grid atau jaringan listrik teknologi digital, sedangkan negara berkembang G20 membutuhkan pembiayaan murah, transfer teknologi, dan penguatan infrastruktur agar transisi energi tidak menghambat pertumbuhan.

4. Kebijakan juga perlu memastikan bahwa peningkatan kualitas tata kelola tidak hanya mendukung aktivitas ekonomi, tetapi sekaligus memperkuat pengawasan terhadap sektor-sektor yang berintensitas emisi tinggi.

C. Keterbatasan dan Saran

1. Penelitian ini hanya menggunakan sampel negara G20 sehingga hasilnya belum tentu dapat digeneralisasi ke seluruh negara di dunia. Karakteristik ekonomi, kelembagaan, dan lingkungan pada negara-negara non-G20 bisa berbeda sehingga pola hubungan antar variabel juga kemungkinan tidak sama.
2. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini masih terbatas pada pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, FDI, inovasi teknologi hijau, energi terbarukan, dan kualitas institusi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan memasukkan variabel baru.
3. Penelitian ini membagi sampel menjadi tiga kelompok berdasarkan kriteria, pada kelompok kedua negara maju G20 dan kelompok ketiga negara berkembang G20 memiliki jumlah data yang relatif kecil.
4. Penelitian ini menggunakan pendekatan PMG-ARDL yang fokus pada hubungan jangka pendek dan jangka panjang, namun tidak secara eksplisit menangkap kemungkinan adanya hubungan kausal dua arah antar variabel.

5. Penelitian ini belum membedakan secara lebih rinci heterogenitas internal antarnegara G20 di luar kategori pendapatannya.
6. Penelitian ini belum menguji secara mendalam kemungkinan adanya ambang batas atau efek *non-linear* yang mungkin terjadi pada hubungan antar variabel.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *WIREs Computational Statistics*, 2(4), 433–459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *The American Economic Review*, 102(1), 131–166. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Afriyie, D., Wang, Z., Hu, S., Ampofo, G. K. M., & Asante, D. A. (2023). Exploring the dynamic nexus between urbanization and industrialization with carbon emissions in sub-Saharan Africa: evidence from panel PMG-ARDL estimation. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(3), 6373–6389. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22597-6>
- Ahakwa, I. (2024). Stimulating the adoption of green technology innovation, clean energy resources, green finance, and environmental taxes: The way to achieve net zero CO2 emissions in Europe? *Technological Forecasting and Social Change*, 205, 123489. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123489>
- Ahmed, F., Ali, I., Kousar, S., & Ahmed, S. (2022). The environmental impact of industrialization and foreign direct investment: empirical evidence from Asia-Pacific region. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(20), 29778–29792. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17560-w>
- Ahmed, Z., & Wang, Z. (2019). Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26782–26796. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05911-7>
- Al Khaffaf, I., Tamimi, A., & Ahmed, V. (2024). Pathways to Carbon Neutrality: A Review of Strategies and Technologies Across Sectors. *Energies*, 17(23), 6129. <https://doi.org/10.3390/en17236129>
- Alharthi, M., Hassan, M. S., Huang, J., Mahmood, H., & Arshad, H. (2025). Institutional quality and environmental sustainability nexus: Fresh evidence of most polluted countries in a CS-ARDL framework. *Natural Resources Forum*, 49(2), 2048–2066. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12471>
- Alnour, M., Önden, A., Hasseb, M., Önden, İ., Rehman, M. Z., Esquivias, M. A., & Hossain, M. E. (2024). The Asymmetric Role of Financial Commitments to Renewable Energy Projects, Public R&D Expenditure, and Energy Patents in Sustainable Development Pathways. In *Sustainability* (Vol. 16, Number 13, p. 5503). <https://doi.org/10.3390/su16135503>
- Altın, H. (2024). The impact of energy efficiency and renewable energy consumption on carbon emissions in G7 countries. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 134–142. <https://doi.org/10.1080/19397038.2024.2319648>
- Amin, A., & Al Shammre, A. S. (2026). Towards sustainable development and net-zero emissions in BRICS: Empirical perspectives on renewable and fossil fuel energy consumption, green technological innovation, and institutional quality.

- Energy Strategy Reviews*, 65, 102228. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2600194X>
- Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review*, 91(4), 877–908. <https://doi.org/10.1257/aer.91.4.877>
- Apergis, N., Pinar, M., & Unlu, E. (2023). How do foreign direct investment flows affect carbon emissions in BRICS countries? Revisiting the pollution haven hypothesis using bilateral FDI flows from OECD to BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 14680–14692. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23185-4>
- Archer, D., Eby, M., Brovkin, V., Ridgwell, A., Cao, L., Mikolajewicz, U., Caldeira, K., Matsumoto, K., Munhoven, G., Montenegro, A., & Tokos, K. (2009). Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37(1), 117–134. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100206>
- Arif, U., Arif, A., & Khan, F. N. (2022). Environmental impacts of FDI: evidence from heterogeneous panel methods. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 23639–23649. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17629-6>
- Arrow, K. J., Chenery, H., Minhas, B. S., & Solow, R. M. (1961). Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. Arrow, K. J., Chenery, H., Minhas, B. S., Solow, R. M. (1961). Review of Economics and Statistics. pdf. In *REStA*.
- Azimi, M. N., & Rahman, M. M. (2024). Unveiling the health consequences of air pollution in the world's most polluted nations. *Scientific Reports*, 14(1), 9856. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60786-0>
- Aziz, G., Sarwar, S., Hussan, M. W., & Saeed, A. (2023). The importance of extended-STIRPAT in responding to the environmental footprint: Inclusion of environmental technologies and environmental taxation. *Energy Strategy Reviews*, 50, 101216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101216>
- Bambi, P. D. R., Batatana, M. L. D., Appiah, M., & Tetteh, D. (2024). Governance, institutions, and climate change resilience in Sub-Saharan Africa: assessing the threshold effects. *Frontiers in Environmental Science*, Volume 12-2024. <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1352344>
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? whose environment? *World Development*, 20(4), 481–496. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90038-W](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90038-W)
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838–845. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>
- Birdsall, N., & Wheeler, D. (1993a). Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens? *The Journal of Environment & Development*, 2(1), 137–149. <https://doi.org/10.1177/107049659300200107>
- Birdsall, N., & Wheeler, D. (1993b). Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens? *The Journal of Environment &*

- Development*, 2(1), 137–149. <http://www.jstor.org/stable/44319368>
- Blackburne, E. F., & Frank, M. W. (2007). Estimation of nonstationary heterogeneous panels. *Stata Journal*, 7(2), 197–208. <https://doi.org/10.1177/1536867x0700700204>
- Boateng, E., Annor, C. B., Amponsah, M., & Ayibor, R. E. (2024). Does FDI mitigate CO(2) emissions intensity? Not when institutional quality is weak. *Journal of Environmental Management*, 354, 120386. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120386>
- Bogari, A. (2025). Assessing the impact of digital economy and financial development on environmental quality worldwide. *Discover Sustainability*, 6(1), 953. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01884-5>
- Borensztein, E., De Gregorio, J., & Lee, J.-W. (1998). How does foreign direct investment affect economic growth? We are grateful for comments from Robert Barro, Elhanan Helpman, Boyan Jovanovic, Mohsin Khan, Se-Jik Kim, Donald Mathieson, Sergio Rebelo, Jeffrey Sachs, Peter Wickham, and two anonymous referees. *Journal of International Economics*, 45(1), 115–135. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00033-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00033-0)
- Caetano, R. V., & Marques, A. C. (2024). Nonlinear relationships between Foreign Direct Investment decisions and environmental degradation in high- and middle-income countries. *Journal of Industrial and Business Economics*, 51(1), 135–188. <https://doi.org/10.1007/s40812-023-00282-0>
- Chen, H., Lu, J., & Obobisa, E. S. (2023). Striving towards 2050 net zero CO2 emissions: How critical are clean energy and financial sectors? *Heliyon*, 9(12), e22705. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22705>
- Cooray, A., & Özmen, I. (2024). Institutions and carbon emissions: an investigation employing STIRPAT and machine learning methods. *Empirical Economics*, 67(3), 1015–1044. <https://doi.org/10.1007/s00181-024-02579-y>
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, Growth, and the Environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71. <https://doi.org/10.1257/002205104773558047>
- Copeland, B., & Taylor, M. S. (1994). North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755–787. <https://econpapers.repec.org/RePEc:oup:qjecon:v:109:y:1994:i:3:p:755-787>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M. et al. (2025). *JRC Science for Policy Report Fossil CO2 & GHG emissions of all world countries* (Number October). <https://doi.org/10.2760/5917997>
- Cutcu, I., Keser, A., & Eren, M. V. (2023). Causation between energy consumption and climate change in the countries with the highest global climate risk. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15585–15598. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23181-8>
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147–168. <https://doi.org/10.1257/0895330027157>
- Deng, W., Meng, T., Kharuddin, S., Ashhari, Z. M., & Zhou, J. (2024). The impact of renewable energy consumption, green technology innovation, and FDI on carbon emission intensity: Evidence from developed and developing

- countries. *Journal of Cleaner Production*, 483, 144310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144310>
- Deng, Z., Huang, E., & Wang, P. (2023). A power-dependence perspective of the pollution haven hypothesis. *Journal of Business Research*, 169, 114255. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114255>
- Destek, M. A. (2021). Deindustrialization, reindustrialization and environmental degradation: Evidence from ecological footprint of Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126612. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126612>
- Dezfuli, F. B., Doostkouei, S. G., Fathabadi, M., & Mousavi, M. H. (2025). Effect of structural economic transformation on the environment: Insights on transition from goods-based to service-based economies in OECD countries. *Journal of Environmental Management*, 373, 123200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123200>
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1994). Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology. *Human Ecology Review*, 1(2), 277–300. <http://www.jstor.org/stable/24706840>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Dunning, J. H. (2001). The Eclectic (OLI) Paradigm of International Production: Past, Present and Future. *International Journal of the Economics of Business*, 8(2), 173–190. <https://doi.org/10.1080/13571510110051441>
- EI, E. I. (2025). *Statistical Review of World Energy*. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- Elfaki, K. E., Khan, Z., Kirikkaleli, D., & Khan, N. (2022). On the nexus between industrialization and carbon emissions: evidence from ASEAN + 3 economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(21), 31476–31485. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18560-0>
- Erena, O. T., Kebede, T. N., & Abdilahi, H. A. (2026). Economic globalization, industrialization, institutional effectiveness and environmental quality: a global panel data analysis. *Cogent Economics & Finance*, 14(1), 2686524. <https://doi.org/10.1080/23322039.2026.2686524>
- Eskeland, G. S., & Harrison, A. E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis. *Journal of Development Economics*, 70(1), 1–23. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(02\)00084-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3878(02)00084-6)
- Fakher, H. A., Ahmed, Z., Acheampong, A. O., & Nathaniel, S. P. (2023). Renewable energy, nonrenewable energy, and environmental quality nexus: An investigation of the N-shaped Environmental Kuznets Curve based on six environmental indicators. *Energy*, 263, 125660. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125660>
- Faure, M. G., & Partain, R. A. (2019). *Environmental Law and Economics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108554916>
- Fikri, F., Laode Arif Nugraha, & Erni Haryanti. (2026). Islamic Values And Environmental Sustainability: An Islamic Perspective On Preserving Nature.

- Al-Afkar, Journal For Islamic Studies*, 9(2 SE-Articles), 3461–3469.
<https://doi.org/10.31943/afkarjournal.v9i2.2191>
- Font Vivanco, D., Freire-González, J., Galvin, R., Santarius, T., Walnum, H. J., Makov, T., & Sala, S. (2022). Rebound effect and sustainability science: A review. *Journal of Industrial Ecology*, 26(4), 1543–1563.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jiec.13295>
- Forero, D., & Tena-Junguito, A. (2024). Industrialization as an engine of growth in Latin America throughout a century 1913–2013. *Structural Change and Economic Dynamics*, 68, 98–115.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.08.009>
- Freire-González, J., Padilla Rosa, E., & Raymond, J. L. (2024). World economies' progress in decoupling from CO2 emissions. *Scientific Reports*, 14(1), 20480.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-71101-2>
- Fronzel, M., Horbach, J., & Rennings, K. (2007). End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 16(8), 571–584. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bse.496>
- Fu, F. Y., Alharthi, M., Bhatti, Z., Sun, L., Rasul, F., Hanif, I., & Iqbal, W. (2021). The dynamic role of energy security, energy equity and environmental sustainability in the dilemma of emission reduction and economic growth. *Journal of Environmental Management*, 280, 111828.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111828>
- Gabric, A. J. (2023). The Climate Change Crisis: A Review of Its Causes and Possible Responses. *Atmosphere*, 14(7), 1081.
<https://doi.org/10.3390/atmos14071081>
- Giljum, S., Maus, V., Sonter, L., Luckeneder, S., Werner, T., Lutter, S., Gershenzon, J., Cole, M. J., Siqueira-Gay, J., & Bebbington, A. (2025). Metal mining is a global driver of environmental change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6(7), 441–455. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00683-w>
- Gobezie, Y. M., & Boka, J. B. (2023). The nexus between greenhouse gas emissions and food security in sub-Saharan Africa: A system GMM analysis. *Cogent Economics & Finance*, 11(2), 2273590.
<https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2273590>
- Goerg, S., Pondorfer, A., & Stöhr, V. (2025). Public support for more ambitious climate policies: Empirical evidence from Germany. *Ecological Economics*, 231, 108538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108538>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. (3914).
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
<https://doi.org/10.2307/2118443>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics (5th edition)*. McGraw-Hill/Irwin.
- Han, L. M., You, J. Q., Meng, J. N., Fu, Y. L., & Wu, S. L. (2023). Empirical analysis of R&D spending, transport infrastructure development and CO2 emissions in China. *Frontiers in Environmental Science*, 11.

- <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1138876>
- Han, S., Peng, D., Guo, Y., Aslam, M. U., & Xu, R. (2025). Harnessing technological innovation and renewable energy and their impact on environmental pollution in G-20 countries. *Scientific Reports*, 15(1), 2236. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85182-0>
- Herzer, D. (2025). The impact of FDI- and import-related technology spillovers from government-funded green energy R&D in developed countries on CO2 emissions in developing countries. *Energy Policy*, 203, 114635. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114635>
- Huang, Y., Kuldasheva, Z., Bobojanov, S., Djalilov, B., Salahodjaev, R., & Abbas, S. (2023). Exploring the links between fossil fuel energy consumption, industrial value-added, and carbon emissions in G20 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 10854–10866. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22605-9>
- Hussain, M., & Dogan, E. (2021). The role of institutional quality and environment-related technologies in environmental degradation for BRICS. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127059>
- Hussein, J. M., Abdullah, S. K., Dahash, Z. M., Zuhair, M., & Maksutalievna, A. M. (2024). Islamic Legal Perspectives on Climate Change and Global Policy Frameworks. *Al-Istinbath: Jurnal Hukum Islam*, 9(2), 723–742. <https://doi.org/10.29240/jhi.v9i2.11185>
- IEA, I. E. A. (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. 70.
- IEA, I. E. A. (2024). *Renewables 2023*. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing Panels., for unit roots in heterogeneous. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- IMF. (2025a). *A Guide To Committees, Groups, and Clubs*. <https://www.imf.org/en/about/factsheets/a-guide-to-committees-groups-and-clubs>
- IMF, I. M. F. (2025b). *WORLD ECONOMIC OUTLOOK DATABASE: Groups and Aggregates Information*. <https://www.imf.org/en/publications/weo/weo-database/2025/april/groups-and-aggregates>
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report | UNEP - UN Environment Programme. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 35–115. <https://www.unep.org/resources/report/climate-change-2023-synthesis-report>
- Jie, W., & Rabnawaz, K. (2024). Renewable energy and CO2 emissions in developing and developed nations: a panel estimate approach. *Frontiers in Environmental Science*, Volume 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1405001>
- John H. Dunning & Sarianna M. Lundan. (2008). *Multinational Enterprises and the Global Economy, Second Edition*. Edward Elgar Publishing.

- John W. Creswell. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., Johnson, D. N., Lamb, P., Saul, M., & Winter-Nelson, A. E. (1997). Meanings of Environmental Terms. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 581–589. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>
- Kahia, M., & Ben Jebli, M. (2021). Industrial growth, clean energy generation, and pollution: evidence from top ten industrial countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(48), 68407–68416. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15311-5>
- Kakar, S. K., Ali, J., Wang, J., Wu, X., Arshed, N., Le Hien, T. T., & Yadav, R. S. (2024). Exploring the impact of industrialization and electricity use on carbon emissions: The role of green FinTech in Asian countries using an asymmetric panel quantile ARDL approach. *Journal of Environmental Management*, 370, 122970. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122970>
- Kamali, M. H. (2012). Environmental Care in Islamic Teaching: A Qur'anic Perspective. *ICR Journal*, 3(2), 261–283. <https://doi.org/10.52282/icr.v3i2.555>
- Kassouri, Y., & Alola, A. A. (2023). Examining the interaction of technology adoption-diffusion and sectoral emission intensity in developing and emerging countries. *Journal of Cleaner Production*, 405, 136920. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136920>
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Zoido-Lobaton, P. (1999). *Policy Research Working Paper: Governance Matters*. World Bank Institute Governance, Regulation and Finance. (October 1999). http://www.worldbank.org/wbi/governance/working_papers.htm.
- Keller, W., & Levinson, A. (2002). Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to U.S. States. *The Review of Economics and Statistics*, 84(4), 691–703. <http://www.jstor.org/stable/3211727>
- Khalifa, A. A., Ibrahim, A.-J., Amhamed, A. I., & El-Naas, M. H. (2022). Accelerating the Transition to a Circular Economy for Net-Zero Emissions by 2050: A Systematic Review. *Sustainability*, 14(18), 11656. <https://doi.org/10.3390/su141811656>
- Kinyar, A., & Bothongo, K. (2024). The impact of renewable energy, eco-innovation, and GDP growth on CO2 emissions: Pathways to the UK's net zero target. *Journal of Environmental Management*, 368, 122226. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122226>
- Kisman, Z. A., Ozek, Y., Bayat, T., & Kirac, Z. K. (2025). Impact of Institutional Factors on Environmental Quality in European Union. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 16(1), 51–59. <https://doi.org/10.32479/ijee.21567>
- Kisswani, K. M., & Zaitouni, M. (2023). Does FDI affect environmental degradation? Examining pollution haven and pollution halo hypotheses using ARDL modelling. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 28(4), 1406–1432. <https://doi.org/10.1080/13547860.2021.1949086>

- Kraamwinkel, C. T., Beaulieu, A., Dias, T., & Howison, R. A. (2021). Planetary limits to soil degradation. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 249. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00323-3>
- Kumar, P., & Datta, S. K. (2023). Investigating the causal relationship between environmental degradation and selected economic factors: evidence from G20 countries. *SN Business & Economics*, 3(11), 199. <https://doi.org/10.1007/s43546-023-00565-7>
- Kutlu Furtuna, O., & Atis, S. (2024). Does foreign direct investment affect environmental degradation: Evidence from largest carbon intense countries. *PloS One*, 19(11), e0314232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314232>
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth And Income Inequality. In *The American Economic Review* (Vol. 1, p. 30). The American Economic Review. <https://www.jstor.org/stable/1811581>
- Le, H. T. P., Pham, H., Do, N. T. T., & Duong, K. D. (2024). Foreign direct investment, total factor productivity, and economic growth: evidence in middle-income countries. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1388. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03462-y>
- Leonard, M. D., Michaelides, E. E., & Michaelides, D. N. (2020). Energy storage needs for the substitution of fossil fuel power plants with renewables. *Renewable Energy*, 145, 951–962. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.066>
- Lewis, W. A. (1954). Economic Development with Unlimited Supplies of Labour. *The Manchester School*, 22(2), 139–191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- Li, R., Wang, Q., & Guo, J. (2024). Revisiting the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis of Carbon Emissions: Exploring the Impact of Geopolitical Risks, Natural Resource Rents, Corrupt Governance, and Energy Intensity. *Journal of Environmental Management*, 351, 119663. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119663>
- Liang, Q. (2025). How environmental regulation influences the relationship between FDI and carbon dioxide emissions. *Environmental Economics and Policy Studies*. <https://doi.org/10.1007/s10018-025-00458-z>
- Liddle, B., & Parker, S. (2024). Another look at ‘peak and decline’ carbon emissions countries: Which ones have decoupled per capita emissions from GDP and how? *Global Environmental Change Advances*, 3, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.gecadv.2024.100012>
- Liu, P., Ur Rahman, Z., Jóźwik, B., & Doğan, M. (2024). Determining the environmental effect of Chinese FDI on the Belt and Road countries CO2 emissions: an EKC-based assessment in the context of pollution haven and halo hypotheses. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00866-0>
- Majekodunmi, T. B., Shaari, M. S., Abidin, N. Z., & Ridzuan, A. R. (2023). Green technology, exports, and CO2 emissions in Malaysia. *Heliyon*, 9(8), e18625. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18625>
- Mankiw, N. G. (2013). *Macroeconomics. 8th Edition*. Worth Publishers.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (2017). The

- Limits to Growth. *The Top 50 Sustainability Books*, 31–37. <https://doi.org/10.4324/9781351279086-11>
- Meirun, T., Mihardjo, L. W., Haseeb, M., Khan, S. A. R., & Jermisittiparsert, K. (2021). The dynamics effect of green technology innovation on economic growth and CO(2) emission in Singapore: new evidence from bootstrap ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(4), 4184–4194. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10760-w>
- Milindi, C. B., & Inglesi-Lotz, R. (2022). The role of green technology on carbon emissions: does it differ across countries' income levels? *Applied Economics*, 54(29), 3309–3339. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1998331>
- Mol, A. P. J., & Spaargaren, G. (2000). Ecological modernisation theory in debate: A review. *Environmental Politics*, 9(1), 17–49. <https://doi.org/10.1080/09644010008414511>
- Munasinghe, M. (1999). Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 29(1), 89–109. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00062-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00062-7)
- Munir, M. T., Naqvi, M., & Li, B. (2024). A converging path: a decade's reflection on net zero emissions and the circular economy. *Frontiers in Energy Research*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1332174>
- Musah, M., Mensah, I. A., Alfred, M., Mahmood, H., Murshed, M., Omari-Sasu, A. Y., Boateng, F., Nyeadi, J. D., & Coffie, C. P. K. (2022). Reinvestigating the pollution haven hypothesis: the nexus between foreign direct investments and environmental quality in G-20 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(21), 31330–31347. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17508-0>
- Nasr, S. H. (1968). *The Encounter of Man and Nature: The Spiritual Crisis of Modern Man*. Allen & Unwin. <https://books.google.co.id/books?id=FffWAAAAMAAJ>
- Naz, F., Tanveer, A., Karim, S., & Dowling, M. (2024). The decoupling dilemma: Examining economic growth and carbon emissions in emerging economic blocs. *Energy Economics*, 138, 107848. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107848>
- Newman, R., & Noy, I. (2023). The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. *Nature Communications*, 14(1), 6103. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>
- Nguyen-Thanh, N., Chin, K.-H., & Nguyen, V. (2022). Does the pollution halo hypothesis exist in this “better” world? The evidence from STIRPAT model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(58), 87082–87096. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21654-4>
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
- Nur Kholis. (2025). INTEGRATING ISLAMIC ENVIRONMENTAL ETHICS, STATE REGULATORY SYSTEMS, AND BEHAVIORAL GOVERNANCE TO STRENGTHEN WASTE MANAGEMENT

- PRACTICES. *At-Thullab : Jurnal Mahasiswa Studi Islam*, 8(1).
<https://doi.org/10.20885/tullab.vol8.iss1.art12>
- Ofori, E. K., Li, J., Gyamfi, B. A., Opoku-Mensah, E., & Zhang, J. (2023). Green industrial transition: Leveraging environmental innovation and environmental tax to achieve carbon neutrality. Expanding on STRIPAT model. *Journal of Environmental Management*, 343, 118121.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118121>
- Oliver, M. E., Chapman, O., Grijalva, S., Matisoff, D. C., Ramadhani, M., & West, A. (2026). Managing zero-marginal-cost, intermittent renewable energy: A survey of the engineering, economic, and policy challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 226, 116334.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116334>
- Opoku, E. E. O., Adams, S., & Aluko, O. A. (2021). The foreign direct investment-environment nexus: Does emission disaggregation matter? *Energy Reports*, 7, 778–787. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.035>
- Panayotou, T. (1994). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In *Pacific and Asian Journal of Energy* (Vol. 4, Number 1).
- Pasten, R., & Figueroa B., E. (2012). The Environmental Kuznets Curve: A Survey of the Theoretical Literature. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 6(3), 195–224. <https://doi.org/10.1561/101.00000051>
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653–670. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1653>
- Pedroni, P. (2004). Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis. *Econometric Theory*, 20(3), 597–625. <http://www.jstor.org/stable/3533533>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621–634.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01621459.1999.10474156>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. <http://www.jstor.org/stable/2678547>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621–634. <https://doi.org/10.2307/2670182>
- Petrović, P., & Lobanov, M. M. (2020). The impact of R&D expenditures on CO2 emissions: Evidence from sixteen OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119187.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119187>
- Phiri, A., & Doku, I. (2024). Does foreign capital flow into ‘greener pastures’? Exploring the potential of FDI in mitigating carbon emissions in African states. *International Journal of Sustainable Energy*, 43(1), 2329929.
<https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2329929>
- Porter, M. E. (1991). Towards a dynamic theory of strategy. *Strategic Management*

- Journal*, 12(S2), 95–117.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/smj.4250121008>
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- Qian, L. H. (2024). An empirical study on the relationship between urbanization, transportation infrastructure, industrialization and environmental degradation in China, India and Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05773-1>
- Qiao, R., Liu, X., Gao, S., Liang, D., GesangYangji, G., Xia, L., Zhou, S., Ao, X., Jiang, Q., & Wu, Z. (2024). Industrialization, urbanization, and innovation: Nonlinear drivers of carbon emissions in Chinese cities. *Applied Energy*, 358, 122598. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122598>
- Rabhi, A., Soujaa, I., & Parsons, B. (2024). Do environmental taxes and renewable energy consumption play a role in climate change mitigation? International evidence from developing economies. *Research in Globalization*, 9, 100266. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resglo.2024.100266>
- Rakhmat, A. (2022). ISLAMIC ECOTHEOLOGY: UNDERSTANDING THE CONCEPT OF KHALIFAH AND THE ETHICAL RESPONSIBILITY OF THE ENVIRONMENT. *Academic Journal of Islamic Principles and Philosophy*, 3(1 SE-Articles), 1–24. <https://doi.org/10.22515/ajipp.v3i1.5104>
- Rasheed, M. Q., Yuhuan, Z., Haseeb, A., Ahmed, Z., & Saud, S. (2024). Asymmetric relationship between competitive industrial performance, renewable energy, industrialization, and carbon footprint: Does artificial intelligence matter for environmental sustainability? *Applied Energy*, 367, 123346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123346>
- Rehman, A., Batool, Z., Ma, H., Alvarado, R., & Oláh, J. (2024). Climate change and food security in South Asia: the importance of renewable energy and agricultural credit. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 342. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02847-3>
- Ren, X., An, Y., He, F., & Goodell, J. W. (2024). Do FDI inflows bring both capital and CO2 emissions? Evidence from non-parametric modelling for the G7 countries. *International Review of Economics & Finance*, 95, 103420. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103420>
- Ridwan, M., Urbee, A. J., Voumik, L. C., Das, M. K., Rashid, M., & Esquivias, M. A. (2024). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis with urbanization, industrialization, and service sector for six South Asian Countries: Fresh evidence from Driscoll Kraay standard error. *Research in Globalization*, 8, 100223. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2024.100223>
- Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., Armstrong McKay, D. I., Bai, X., Bala, G., Bunn, S. E., Ciobanu, D., DeClerck, F., Ebi, K., Gifford, L., Gordon, C., Hasan, S., Kanie, N., Lenton, T. M., Loriani, S., ... Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619(7968), 102–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- Rois, C., Jannani, N., & Mufid, M. H. (2024). Islamic Law Paradigm Responding Conflicts of Interest of Economic Development and Ecological Conservation

- Hifdz al-Bi'ah Perspective. *Al-Istinbath: Jurnal Hukum Islam*, 9(1), 193. <https://doi.org/10.29240/jhi.v9i1.8660>
- Rostow, W. W. (1959). The Stages of Economic Growth. *The Economic History Review*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.1959.tb01829.x>
- Sadiqa, B. A., Zaman, K., Rehman, F. U., Nassani, A. A., Haffar, M., & Abro, M. M. Q. (2022). Evaluating race-to-the-top/bottom hypothesis in high-income countries: controlling emissions cap trading, inbound FDI, renewable energy demand, and trade openness. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 50552–50565. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19385-7>
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research Methods For Business: A Skill Building Approach*. Wiley. <https://books.google.co.id/books?id=Ko6bCgAAQBAJ>
- Shao, Y. (2017). Does FDI affect carbon intensity? New evidence from dynamic panel analysis. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 10(1), 27–42. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2017-0062>
- Shershunovich, Y., & Mirzabaev, A. (2024). Social cost of household emissions: cross-country comparison across the economic development spectrum. *Environment, Development and Sustainability*, 26(6), 15285–15305. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03248-3>
- Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., Wood, J., Zhao, Y., & Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: Evidence from the panel ARDL approach. *Science of The Total Environment*, 837, 155795. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795>
- Siyakiya, P., Erdoğan, M. M., & Akay, E. Ç. (2023). Impact of industrialisation on economic development in selected African and Asian economies: the role of institutional quality and investment climate. *SN Business & Economics*, 3(12), 211. <https://doi.org/10.1007/s43546-023-00585-3>
- Smil, V. (2010). *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects* (Vol. 2). Praeger.
- Sofyan, M. I., Arifin, J., & Nadhiya, S. (2024). Ecological Protection Reasoning in Exegesis of Qur'an Verse Al-A'raf [7]: 56 in the Medieval Ages. *Religia*, 27(1), 125–142. <https://doi.org/10.28918/religia.v27i1.8560>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Sovacool, B. K. (2009). The intermittency of wind, solar, and renewable electricity generators: Technical barrier or rhetorical excuse? *Utilities Policy*, 17(3), 288–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2008.07.001>
- Spaargaren, G., & Mol, A. P. J. (1992). Sociology, environment, and modernity: Ecological modernization as a theory of social change. *Society & Natural Resources*, 5(4), 323–344. <https://doi.org/10.1080/08941929209380797>
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1996). Economic growth and

- environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24(7), 1151–1160. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00032-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00032-0)
- Stigler, G. J. (1971). The Theory of Economic Regulation. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 2(1), 3–21. <https://doi.org/10.2307/3003160>
- Szirmai, A. (2012). Industrialisation as an engine of growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(4), 406–420. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.strueco.2011.01.005>
- Tan, W., & Cao, T. (2023). Can green technology reduce carbon dioxide emissions? Evidence from G7 and BRICS countries. *Heliyon*, 9(5), e15683. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15683>
- Tshiaba, S. M., & Liao, G. (2025). An expanded STIRPAT model analysis of China's carbon neutrality pathways. *Scientific Reports*, 15(1), 44319. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29341-3>
- Ulucak, R., Erdogan, F., & Bostanci, S. H. (2021). A STIRPAT-based investigation on the role of economic growth, urbanization, and energy consumption in shaping a sustainable environment in the Mediterranean region. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55290–55301. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14860-z>
- Ulya, H. N., Humaidi, M., Abdullah, U., & Frafika Sari, I. (2025). Equitable and Sustainable Economy: A Study on the Relevance of the Low-Carbon Economy to Masalah Mursalah. *Journal of Islamic Economics and Finance Studies*, 6(1), 27–52. <https://doi.org/10.47700/jiefes.v6i1.10754>
- UNEP, U. N. E. P. (2025). *Emissions Gap Report 2025: Off Target - Continued Collective inaction puts Global Temperature Goal at Risk*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/48854>
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817–830. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7)
- Usman, M., Makhdum, M. S. A., & Kousar, R. (2021). Does financial inclusion, renewable and non-renewable energy utilization accelerate ecological footprints and economic growth? Fresh evidence from 15 highest emitting countries. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102590. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102590>
- Wang, C., Mahmood, H., & Khalid, S. (2024). Examining the impact of globalization and natural resources on environmental sustainability in G20 countries. *Scientific Reports*, 14(1), 30921. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81613-6>
- Wang, E., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Patel, G., & Hu, G. (2022). Effects of institutional quality and political risk on the renewable energy consumption in the OECD countries. *Resources Policy*, 79, 103041. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103041>
- Wang, H., & Zhang, Z. (2025). Green Technology Innovation and Corporate Carbon Performance: Evidence from China. *Sustainability*, 17(12), 5357. <https://doi.org/10.3390/su17125357>
- Wang, Z., Gao, L., Wei, Z., Majeed, A., & Alam, I. (2022). How FDI and

- technology innovation mitigate CO₂ emissions in high-tech industries: evidence from province-level data of China. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(3), 4641–4653. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15946-4>
- Wang, Z., Yan, H., Gao, X., Liang, Q., Mi, Z., & Liu, L. (2024). Have consumption-based CO₂ emissions in developed countries peaked? *Energy Policy*, 184, 113894. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113894>
- Warsame, A. A., Sheik-Ali, I. A., Mohamed, J., & Sarkodie, S. A. (2022). Renewables and institutional quality mitigate environmental degradation in Somalia. *Renewable Energy*, 194, 1184–1191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.109>
- WEF, W. E. F. (2024). *Quantifying the Impact of Climate Change on Human Health January 2024 In collaboration with Oliver Wyman*. <https://www.weforum.org/publications/quantifying-the-impact-of-climate-change-on-human-health/>
- Wei, T. (2011). What STIRPAT tells about effects of population and affluence on the environment? *Ecological Economics*, 72, 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.10.015>
- WHO. (2021). 2021 WHO health and climate change global survey report. In *WHO*. https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1
- Xu, H., Xia, B., & Jiang, S. (2023). The Impact of Industrial Added Value on Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions: A Case Study of China. *Sustainability*, 15(23), 16201. <https://doi.org/10.3390/su152316201>
- Yaman, İlker, & Cetin, Mumin Atalay. (2025). Revisiting the Institutional Quality–Environmental Pollution Nexus in Developing Countries. *Sage Open*, 15(4), 21582440251396508. <https://doi.org/10.1177/21582440251396509>
- Yang, T., Gyimah, J., Nwigwe, U. A., & Yao, X. (2025). The pursuit of net-zero carbon in G7 and BRICS: The impact of good governance system. *Sustainable Futures*, 9, 100415. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100415>
- Yang, Z., Zhang, M., Liu, L., & Zhou, D. (2022). Can renewable energy investment reduce carbon dioxide emissions? Evidence from scale and structure. *Energy Economics*, 112, 106181. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106181>
- Yi, S., Raza Abbasi, K., Hussain, K., Albaker, A., & Alvarado, R. (2023). Environmental concerns in the United States: Can renewable energy, fossil fuel energy, and natural resources depletion help? *Gondwana Research*, 117, 41–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.12.021>
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351–365. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5)
- Yuan, R., Masron, T. A., Chen, Y., & Azman, N. S. (2025). Government effectiveness on environmental degradation in developing countries. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(14), 14279–14292. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06560-9>
- Zheng, Z., Zhe, L., & Huihui, W. (2026). The Relationship Between Institutional Quality, Renewable Energy Investment, Financial Development, and

Ecological Hazards: Evidence from ASEAN Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 17(1), 2153–2181. <https://doi.org/10.1007/s13132-025-02723-8>

Zhu, R., Xu, Q., Xiqiang, X., Sibt-e-Ali, M., Waqas, M., Ullah, I., & Anwar, A. (2024). Role of resources rent, research and development, and information and communication technologies on CO2 emissions in BRICS economies. *Resources Policy*, 93, 105072. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105072>

