

**DETERMINASI EMISI KARBON DI ASIA: UJI HIPOTESIS EKC
MELALUI PENDEKATAN GDP PER KAPITA, INDUSTRIALISASI, DAN
KONSUMSI ENERGI**

Skripsi

Oleh

AISAH ATNIA ZULAIKHA

2111021027



**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

DETERMINASI EMISI KARBON DI ASIA: UJI HIPOTESIS EKC MELALUI PENDEKATAN GDP PER KAPITA, INDUSTRIALISASI, DAN KONSUMSI ENERGI

Oleh

Aisah Atnia Zulaikha

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang dipicu oleh peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) menjadi tantangan utama bagi negara-negara di Asia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh GDP per kapita, GDP per kapita kuadrat, industrialisasi, dan konsumsi energi terhadap tingkat emisi CO₂ serta menguji keberlakuan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di Asia. Menggunakan metode kuantitatif dengan data panel dari 17 negara Asia selama periode 2011-2022. Data diperoleh dari World Bank dan Our World in Data. Analisis dilakukan dengan regresi linier berganda menggunakan Fixed Effect Model (FEM) untuk negara-negara high income dan upper middle income. Hasil Pengujian hipotesis EKC, mendukung keberlakuan teori EKC pada negara high income dan upper middle income. Sedangkan untuk GDP per kapita dan konsumsi energi berpengaruh signifikan pada dua klasifikasi negara, namun industrialisasi berpengaruh signifikan hanya pada negara high income. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi mendorong kesejahteraan, namun tanpa transisi energi dan kebijakan industri yang berkelanjutan, emisi karbon akan terus meningkat. Penelitian ini merekomendasikan pentingnya inovasi teknologi bersih dan efisiensi energi sebagai bagian dari strategi pembangunan rendah karbon di Asia.

Kata Kunci: *Environmental Kuznets Curve* , Emisi karbon dioksida, GDP perkapita, Industrialisasi, Konsumsi energi

ABSTRACT

DETERMINANTS OF CARBON EMISSIONS IN ASIA: TESTING THE ECC HYPOTHESIS THROUGH GDP PER CAPITA, INDUSTRIALIZATION, AND ENERGY CONSUMPTION APPROACHES

By

AISAH ATNIA ZULAIKHA

Climate change is a global challenge triggered by increasing carbon dioxide (CO₂) emissions, which is a major challenge for countries in Asia. This study aims to analyze the effect of GDP per capita, GDP per capita squared, industrialization, and energy consumption on CO₂ emission levels and test the validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in Asia. Using quantitative methods with panel data from 17 Asian countries over the period 2011-2022. Data were obtained from the World Bank and Our World in Data. The analysis was conducted with multiple linear regression using the Fixed Effect Model (FEM) for high income and upper middle income countries. The results of EKC hypothesis testing support the validity of EKC theory in high income and upper middle income countries. While GDP per capita and energy consumption have a significant effect on the two country classifications, industrialization has a significant effect only in high income countries. This indicates that while economic growth promotes prosperity, without a sustainable energy transition and industrial policy, carbon emissions will continue to rise. This study recommends the importance of clean technology innovation and energy efficiency as part of Asia's low-carbon development strategy

Keywords : *Environmental Kuznets Curve, Carbon dioxide emissions, Gross domestic product per capita, Industrialization, Energy consumption*

**DETERMINASI EMISI KARBON DI ASIA: UJI HIPOTESIS EKC
MELALUI PENDEKATAN GDP PER KAPITA, INDUSTRIALISASI, DAN
KONSUMSI ENERGI**

**Oleh
AISAH ATNIA ZULAIKHA**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA EKONOMI**

Pada

**Jurusan Ekonomi Pembangunan
Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung**



**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **Determinasi Emisi Karbon Di Asia: Uji Hipotesis EKC Melalui Pendekatan GDP Per Kapita, Industrialisasi, Dan Konsumsi Energi**

Nama Mahasiswa : **Aisah Atnia Zulaikha**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2111021027**

Program Studi : **Ekonomi Pembangunan**

Fakultas : **Ekonomi dan Bisnis**



[Signature]

Zulfa Emalia, S.E., M.Sc.
NIP. 198505102010122004

[Signature]

Resha Moniyana Putri, S.E., M.Si.
NIP. 198509142023212019

MENGETAHUI
Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan

[Signature]

Dr. Arvina Ratih Y.T, S.E., M.M.
NIP. 198007052006042002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Zulfa Emalia, S.E., M.Sc.**



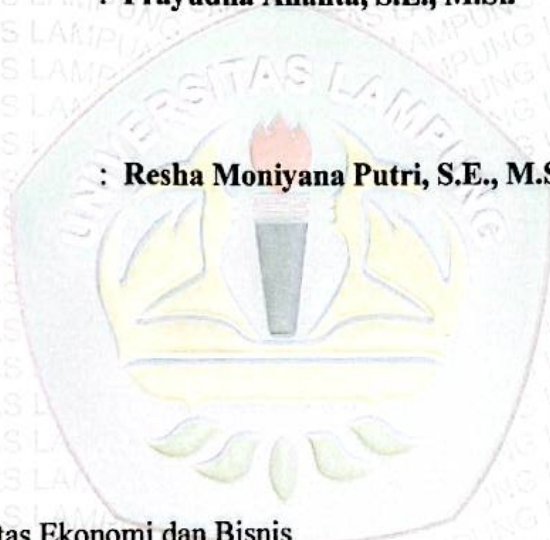
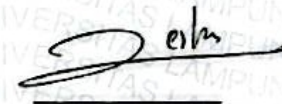
Penguji I

: **Prayudha Ananta, S.E., M.Si.**



Penguji II

: **Resha Moniyana Putri, S.E., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis



Prof. Dr. Naironi, S.E., M.Si.

NIP. 196606211990031003

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **21 Juli 2025**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aisah Atnia Zulaikha

NPM : 2111021027

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Determinasi Emisi Karbon Di Asia: Uji Hipotesis Ekc Melalui Pendekatan Gdp Per Kapita, Industrialisasi, Dan Konsumsi Energi” telah ditulis dengan sungguh- sungguh dan bukan merupakan penjiplakan hasil karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman atau sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Juli 2025
Penulis



Aisah Atnia Zulaikha

RIWAYAT HIDUP



Aisah Atnia Zulaikha dilahirkan di Yogyakarta pada tanggal 16 November 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Eko Ari Munanto dan Ibu Tutik Widiawati. Penulis memulai pendidikan dari taman kanak-kanak (TK) di TK Aisyah Tambah Dadi pada tahun 2007 dan selesai pada tahun 2009. Selanjutnya, Penulis menyelesaikan pendidikan dasar (SD) di SD Negeri 1 Tambah Dadi pada Tahun 2015, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Purbolinggo Pada Tahun 2018, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Purbolinggo pada tahun 2021

Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Ekonommi dan Bisnis Universitas Lampung jurusan Ekonomi Pembangunan melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti kegiatan organisasi Himpunan Ekonomi Pembangunan (HIMEPA) FEB-Unila dan Economic and Business Entrepreneur club (EBEC) FEB-Unila. Selanjutnya pada tahun 2024 penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Bali Sadar Selatan, Kecamatan Banjit, Kabupaten Way Kanan. Penulis juga mengikuti program Magang bersertifikat di Dinas Perdagangan Kota Bamdar Lampung.

MOTTO

Kalau langkah kaki semut saja Allah dengar, lalu bagaimana dengan doa yang selalu kita ulang.

وَعَدَ اللَّهُ لَا يَخْلِفُ اللَّهُ وَعْدَهُ وَلَكِنَّ أَكْثَرَ النَّاسِ لَا يَعْلَمُونَ

“Allah tidak akan menyalahi janji-Nya, tetapi kebanyakan manusia tidak mengetahui.”

(Q.S Ar-Rum:6)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ

“ Allah tidak mengatakan hidup ini mudah, tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al- Insyirah : 5- 6)

"Anda bisa melakukan apa yang harus Anda lakukan, dan kadang Anda bisa melakukannya lebih baik dari yang Anda bayangkan

(Jimmy Carter)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, serta hidayah yang selalu diberikan. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, suri teladan yang mulia.

Dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, saya persembahkan skripsi saya
Kepada:

Teruntuk kedua orang tuaku tercinta, rumah paling nyaman dan support system terbaik dalam hidupku. Yang selalu konsisten dalam mendukung segala langkahku yang tak pernah lelah mendoakan, mengupayakan yang terbaik untuk penulis, berkorban keringat tenaga dan fikiran dengan tulus tanpa syarat. sehingga gelar sarjana ini bukan hanya hasil kerja keras penulis, tapi juga hasil dari semua perjuangan kalian yang luar biasa. Mungkin ini tak sebanding dengan semua yang telah kalian berikan, izinkan penulis menjadikannya sebagai bentuk terima kasih.

Untuk orang tuaku Ayah Eko Ari Munanto dan Ibu Tutik Widawati

Untuk kebersamaan dan kekeluargaan teman-teman dan sahabatku ,

Untuk seluruh dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Jurusan Ekonomi Pembangunan atas motivasi, bimbingan, pelajaran, pengalaman, dan nasihat.

Serta

***Almamater Tercinta, Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan
Bisnis, Universitas Lampung***

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil' alamin puji dan syukur penulis sampaikan atas kehadiran Allah SWT dengan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul **“Determinasi Emisi Karbon Di Asia: Uji Hipotesis Ekc Melalui Pendekatan GDP Per Kapita, Industrialisasi, Dan Konsumsi Energi”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Ekonomi di Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan dan arahan dari berbagai pihak sehingga membantuk proses penyelesaian skripsi ini. Oleh karenanya pada kesempatan ini, dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Arivina Ratih Yulihar Taher, S.E., M.M., selaku Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan. Terima kasih atas dukungan selama masa perkuliahan serta kritik dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Zulfa Emalia, S.E., M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Ekonomi Pembangunan dan Selaku Dosen Pembimbing Pertama. Terima kasih yang sebear-besarnya atas waktu, kesabaran, ilmu, bimbingan, nasihat, arahan, serta saran maupun masukan kepada penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi. Tanpa bimbingan dan dukungan yang Ibu berikan mungkin skripsi ini belum selesai. Terimakasih selalu membuka pintu konsultasi dengan lapang, dan selalu siap memahami setiap kesulitan yang penulis hadapi.
4. Ibu Resha Moniyana Putri S.E., M.Si selaku Dosen Pembimbing kedua. Terimakasih yang sebsar-besarnya telah memberikan ilmu, bimbingan,

nasihat, arahan, motivasi serta saran maupun masukan kepada penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi. Tanpa bimbingan dan dukungan yang Bapak berikan mungkin skripsi ini belum selesai.

5. Ibu Dr. Asih Murwiati, S.E., M.E. selaku Dosen Pembahas. Terimakasih atas masukan dan saran serta dukungan yang sangat bermanfaat dalam proses penulisan skripsi ini.
6. Bapak Prayudha Ananta, S.E., M.Si selaku Dosen Pembahas dan Pembimbing Akademik. Terimakasih atas kritik dan saran yang sangat bermanfaat untuk menyempurnakan penelitian ini, dan Terimakasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan bimbingan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung. Terimakasih atas ilmu, wawasan dan pengetahuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Seluruh Staff Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung. Terimakasih atas pelayanan dan bantuan yang diberikan selama perkuliahan.
9. Teruntuk cinta pertamaku, panutan hidupku, Ayah Eko Ari Munanto. Sosok luar biasa yang selalu jadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkahku. Ayah terimakasih telah berjuang demi masa depanku. Dengan segala keterbatasan, Ayah tetap berusaha memenuhi segala kebutuhanku. Di balik diam dan lelahmu, selalu ada doa yang pelan tapi kuat. Setiap tetes keringat yang Ayah keluarkan, setiap lelah yang ayah sembunyikan, semuanya jadi saksi betapa tulusnya cinta dan pengorbanan itu demi pendidikan anaknya. Ayah selalu ada, bukan hanya sebagai penopang secara materi, tapi juga sebagai penyemangat, motivator. Terima kasih karena selalu sabar menghadapi sikap dan tingkah lakuku. Doaku, semoga Allah kasih ayah umur panjang dan kesehatan, karena aku ingin nanti saat semua mimpi ini tercapai, ayah bisa ada di ikut tersenyum, ikut bahagia.
10. Teruntuk Ibu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibuku tercinta, seseorang yang telah melahirkan saya, beliau adalah sosok paling kuat dan penuh cinta, kasih sayang dalam hidup saya. Terima kasih atas setiap doa yang tak pernah henti, selalu menjadi teman terbaik saat

penulis butuh bercerita, semua pengorbanan yang Ibu lakukan, dan kesabaran yang luar biasa dalam mendampingi selama proses pendidikan ini. Ibu selalu menjadi tempat saya kembali, bahkan di saat saya mulai merasa lelah atau ragu dengan diri sendiri. Dukungan Ibu baik secara fisik, mental, materi, maupun doa sangat berarti dan menjadi salah satu alasan utama saya bisa menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih Buk, sudah percaya dan selalu ada, bahkan ketika saya belum bisa jadi anak yang sepenuhnya membanggakan. Semoga suatu hari nanti saya bisa membalas, meski sedikit, dari semua kebaikan yang Ibu berikan. Doaku, semoga Allah kasih ibuk umur panjang dan kesehatan.

11. Adikku Fairus Rasya Hafis Irawan dan Almira Balqis Ramadina terima kasih telah menjadi sumber semangat dan kebahagiaan di tengah segala kesibukan dan tekanan. Kehadiran kalian, dengan canda, tawa, dan perhatian sederhana, selalu berhasil menguatkan ku tanpa kalian sadari.
12. Teruntuk Kakek dan Nenekku tercinta, Alm. kakek Subakin dan Alm. nenek Sri Haryati Dengan tulus dan penuh rasa syukur penulis ingin mengucapkan terimakasih karena senantiasa memberikan perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan yang tiada hentinya, Walaupun tidak bisa kebersamaan penulis hingga akhir pendidikan sampai sarjana. Namun kehadiran kalian tetap terasa dekat dalam setiap langkah. Setiap hari kupanjatkan doa agar Kakek dan Nenek mendapat tempat terbaik di sisi-Nya.
13. Kepada keponakan-keponakan ku Afifa dan Ahza, terimakasih atas kelucuan kalian yang membuat penulis semangat dan selalu membuat penulis senang. Sehingga penulis semangat untuk mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
14. Seluruh keluarga besar dan kerabatku. Dengan tulus dan penuh rasa syukur penulis ingin mengucapkan terimakasih karena senantiasa memberikan perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan yang tiada hentinya, terimakasih selalu menjadi garda terdepan penulis.
15. Terima kasih untuk sahabat-sahabat terbaikku sejak SMA, Annisa, Edo, Helen, Erlin, dan Naba Terima kasih sudah jadi bagian dari perjalanan ini untuk tawa yang kita bagi, semangat yang kalian berikan, untuk support yang luar biasa ini dan kebersamaan yang tidak pernah tergantikan. Kalian adalah

bagian dari kenangan indah yang selalu aku syukuri. Semoga langkah kita ke depan selalu diberi kemudahan dan kesuksesan, di mana pun kita berada.

16. Teruntuk Ade Sulistiana, sahabat pertamaku di dunia perkuliahan seseorang yang Tuhan kirimkan tepat di awal perjalanan, saat segalanya masih asing dan penuh tanda Tanya. Dari sekian banyak orang yang datang dan pergi, kamu adalah satu dari sedikit yang benar-benar tinggal. Terima kasih sudah jadi sosok yang bukan hanya hadir, tapi juga benar-benar ada. Terimakasih selalu menjadi bagian di tiap proses penulis. Kamu tidak pernah memandanguku sebagai pesaing, justru sebaliknya kamu berjalan di sampingku, menguatkan saat aku ragu, dan merayakan saat penulis berhasil. Persahabatan ini bukan kebetulan tapi hadiah. Terima kasih sudah menjadi versi terbaik dari seorang sahabat. Penulis sangat bersyukur pernah dipertemukan dengan seseorang sebaik dirimu di awal langkahku.
17. Untuk sahabat satu kosan Fahmi Destry Amelia dan Ayu Puspita Sari terima kasih sudah jadi teman berbagi ruang, cerita, dan lelah. Di tengah sibuknya tugas akhir, kalian tidak cuma jadi teman tinggal, tapi juga jadi teman berjuang. saling bantu, saling ingatkan, dan saling kuatkan saat skripsi terasa berat. Kehadiran kalian membuat masa-masa penuh tekanan ini jadi lebih ringan dengan canda, tawa, motivasi, dan tidak pernah gagal menjadi penghibur penulis. Aku bersyukur pernah satu atap dengan orang yang setulus kalian.
18. Untuk Omoo Genk Dinda, Fahmi, Wahyuni, Lola, Tika dan Ade sahabat luar biasa yang kebersamai sejak langkah awal perkuliahan hingga garis akhir perjuangan ini. Terima kasih sudah menjadi bagian dari perjalanan panjang yang penuh cerita, tawa, tangis, dan perjuangan. Kalian bukan hanya teman kuliah, tapi juga penghibur di saat lelah, penguat di masa sulit, dan support system yang tak pernah lelah memberi semangat. Terima kasih atas segala bantuan, waktu, tenaga, dan kesabaran kalian selama ini. Dan menjadi keluarga kedua di dunia perkuliahan ini.
19. Teman-teman Ekonomi Pembangunan yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih telah berjuang dan berprogres bersama selama masa perkuliahan di Jurusan Ekonomi Pembangunan

20. Terimakasih untuk diri saya, Aisah Atnia Zulaikha yang telah kuat sampai detik ini, yang mampu mengendalikan diri dari tekanan luar. Yang tidak menyerah sesulit apapun rintangan kuliah ataupun proses penyusunan skripsi, yang mampu berdiri tegak ketika dihantam permasalahan yang ada sehingga mampu menyelesaikan studi di Jurusan Ekonomi Pembangunan. Terimakasih diriku semoga tetap rendah hati, ini baru awal dari permulaan hidup, tetap semangat kamu pasti bisa.

Bandar Lampung, 17 Juli 2025

Penulis

Aisah Atnia Zulaikha

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan Penelitian.....	15
1.4 Manfaat Penelitian.....	16
II. TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Landasan Teori.....	17
2.1.1 <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC).....	17
2.1.2 Teori Pertumbuhan Neoklasik.....	19
2.1.3 Ekonomi Lingkungan.....	20
2.1.4 Peran Pemerintah	21
2.1.5 Eksternalitas	22
2.1.6 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	22
2.1.7 Gross Domestic Product (GDP) Per Kapita	23
2.1.8 Industrialisasi	25
2.1.9 Konsumsi Energi.....	26
2.2 Hubungan Variabel	27
2.2.1 Hubungan GDP Per Kapita dengan Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	27
2.2.2 Hubungan Industrialisasi dengan Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	28
2.2.3 Hubungan Konsumsi Energi dengan Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	28
2.3 Penelitian terdahulu	29

2.4	Kerangka Pemikiran.....	33
2.5	Hipotesis.....	35
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1	Jenis Penelitian	36
3.2	Jenis dan Sumber Data	37
3.3	Definisi Operasional Variabel	37
3.4	Metode Analisis Data	39
3.5	Metode Estimasi.....	39
3.5.1	Model Penelitian Untuk Menguji Hipotesis <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC)	39
3.6	Prosedur Analisis	42
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Analisis Statistik Deskriptif.....	49
4.2	Pemihan Teknik Estimasi Uji Enivormental Kuznet Curve (EKC)	52
4.4	Pemilihan Teknik Estimasi Regresi Data Panel Pengaruh GDPC , IND, dan KE di Negara-negara <i>High Income</i> dan <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	61
4.5	Uji Asumsi Klasik	63
4.6	Hasil Estimasi Regresi Data Panel	66
4.7	Pengujian Hipotesis	68
4.8	Analisis <i>Individual Effect</i>	73
4.9	Pembahasan	77
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1	Kesimpulan.....	94
5.2	Saran.....	96
	DAFTAR PUSTAKA	97

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman	Halaman
Tabel 1. Penelitian Terdahulu	29
Tabel 2. Data Penelitian	37
Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Deskriptif Negara High income di Asia	49
Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Deskriptif Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia	51
Tabel 5. Hasil uji chow EKC <i>High Income</i> di Asia	53
Tabel 6. Hasil uji chow EKC <i>upper middle income</i> di Asia	53
Tabel 7. Hasil uji hausman EKC <i>High Income</i> di Asia.....	54
Tabel 8. Hasil uji hausman EKC <i>Upper Middle Inome</i> di Asia.....	54
Tabel 9. Hasil uji lagrange multiplier EKC <i>High Income</i> di Asia	55
Tabel 10. Hasil uji lagrange multiplier EKC <i>Upper Miiddle Income</i> di Asia.....	55
Tabel 11. Hasil Estimasi EKC di <i>High Income</i> dengan model REM	56
Tabel 12. Hasil Estimasi EKC di <i>upper middle income</i> dengan model REM	57
Tabel 13. Uji t-Statistik EKC Negara <i>High Income</i> di Asia	59
Tabel 14. Uji t-Statistik EKC Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	59
Tabel 15. Uji F-Statistik EKC Negara <i>High Income</i> di Asia	60
Tabel 16. Uji F-Statistik EKC Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	60
Tabel 17. Hasil uji chow <i>High Income</i> di Asia	61
Tabel 18. Hasil uji chow <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	62
Tabel 19. Hasil uji hausman <i>High Income</i> di Asia.....	62
Tabel 20. Hasil uji hausman Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia	63
Tabel 21. Hasil uji multikolinearitas Negara <i>High Income</i> di Asia	65
Tabel 22. Hasil uji multikolinearitas Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	65

Tabel 23. Hasil Estimasi Regresi Data Panel <i>Negara High Income</i> di Asia <i>Fixed Effect Model</i> (FEM)	66
Tabel 24. Hasil Estimasi Regresi Data Panel Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia Menggunakan <i>Fixed Effect Model</i> (FEM)	67
Tabel 25. Hasil uji t variabel GDPC Negara <i>High Income</i> Asia.....	69
Tabel 26. Hasil uji t variabel GDPC Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia	69
Tabel 27. Hasil uji t Variabel IND <i>High Income</i>	69
Tabel 28. Hasil uji t variabel IND <i>Upper Middle Income</i>	70
Tabel 29. Hasil uji t Variabel KE <i>High Income</i>	70
Tabel 30. Hasil uji t Variabel KE <i>Upper Middle Income</i>	71
Tabel 31. Hasil uji F <i>High Income</i>	72
Tabel 32. Hasil uji F <i>Upper Middle Income</i>	72
Tabel 33. Hasil <i>Individual effect</i> di negara <i>High income</i>	74
Tabel 34. Hasil <i>Individual effect</i> di negara <i>Upper Middle Income</i>	75
Tabel 35. Rata-rata Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP Negara <i>High income</i> di Asia Pada Tahun 2011-2022	83
Tabel 36. Rata-rata Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia Pada Tahun 2011-2022	87
Tabel 37. Rata-rata data CO2 Perkapita, Konsumsi Energi, Jumlah Penduduk Negara <i>High Income</i> Pada Tahun 2011-2022	89
Tabel 38. Rata-rata data CO2 Perkapita, Konsumsi Energi, Jumlah Penduduk Negara <i>Upper Middle Income</i> Pada Tahun 2011-2022.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

Gambar 1. Emisi karbon dioksida di Berbagai Benua Tahun 2011-2022.....	2
Gambar 2. Grafik Emisi Karbon Dioksida negara <i>High Income</i> dan <i>Upper Middle Income</i> di Asia 2011-2022	5
Gambar 3. Grafik GDP per kapita negara <i>High Income</i> dan <i>Upper Middle Income</i> di Asia 2011-2022	8
Gambar 4. Rata-rata Pertumbuhan Industrialisasi Asia negara <i>High Income</i> dan <i>Upper Middle Income</i> Tahun 2011-2022	11
Gambar 5. Rata-rata Konsumsi Energi Asia negara <i>High Income</i> dan <i>Upper Middle Income</i> Tahun 2011-2022	12
Gambar 6. <i>Environmental Kuznets Curve</i>	18
Gambar 7. Kerangka pemikiran	34
Gambar 8. Hasil uji normalitas Negara <i>High Income</i> di Asia.....	64
Gambar 9. Hasil uji normalitas Negara <i>Upper Middle Income</i> di Asia.....	64
Gambar 10. Rata-rata Perkembangan Industrialisasi dan Emisi Karbon Dioksida Pada Negara-Negara <i>High Income</i> Tahun 2011-2022	82
Gambar 11. Rata-rata Perkembangan Industrialisasi dan Emisi Karbon Dioksida Pada Negara-negara <i>Upper Middle Income</i> Tahun 2011-2022.....	86

I. PENDAHULUAN

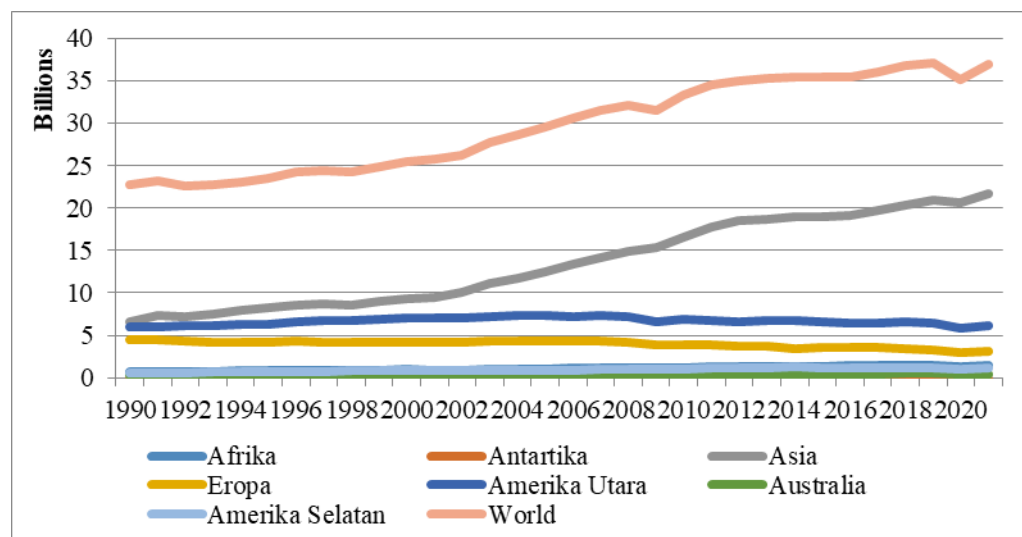
1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan tantangan global di abad ke-21, dengan dampak luas pada ekosistem, masyarakat, dan perekonomian dunia. Akumulasi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂) telah menyebabkan peningkatan suhu bumi (Bakhri, 2020). Laporan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* bahwa kenaikan suhu rata-rata global mencapai 1,6°C dimana tren kenaikan suhu diperkirakan akan terus naik hingga tingkat *irreversible losses* 2°C. *irreversible losses* adalah batas kenaikan suhu yang apabila terlewati, kerusakan alam menjadi sangat signifikan dan suhu akan cenderung terus meningkat. Hal ini memicu perubahan iklim ekstrim dan memperburuk kerusakan ekosistem, termasuk pencairan es di kutub, kenaikan permukaan laut, dan peningkatan frekuensi bencana alam. Aktivitas manusia, terutama yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti (batu bara, minyak, gas), deforestasi, dan industrialisasi telah meningkat secara signifikan, berkontribusi pada pemanasan global.

Emisi gas rumah kaca telah memicu perubahan iklim ekstrem, termasuk cuaca tidak menentu dan degradasi ekosistem, maka pertumbuhan ekonomi juga akan turun kembali. Upaya untuk mengurangi emisi karbon telah dilakukan oleh negara *high income* melalui kebijakan lingkungan yang ketat dan transisi menuju energi terbarukan. Namun, negara-negara *upper middle income*, terutama di kawasan Asia, menghadapi tantangan besar dalam menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan Menurut laporan dari (IPCC, 2021).

Degradasi lingkungan akibat aktivitas ekonomi intensif menjadi fenomena yang mengkhawatirkan. Hal ini mendorong pentingnya perjanjian dan konferensi

internasional yang fokus pada upaya pengendalian degradasi lingkungan, seperti Deklarasi Stockholm, (1972) menekankan tanggung jawab bersama dalam melindungi lingkungan, yang kemudian di diperkuat oleh KTT Bumi Rio (1992), yang menghasilkan Agenda 21 mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan. Selanjutnya, Protokol Kyoto (1997) memperkenalkan target pengurangan emisi gas rumah kaca. Puncaknya Paris Agreement (2015) bertujuan membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C dengan target 1,5°C. Komitmen ini diwujudkan dalam *Nationally Determined Contributions* (NDCs) yang diajukan oleh masing-masing negara. Namun, meskipun berbagai kebijakan internasional telah diterapkan, tren emisi karbon global terus meningkat. Hal ini dapat dilihat pada grafik dibawah yang menunjukkan bahwa emisi karbon berbagai Benua mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir:



Sumber : *Our World in Data* (data diolah 2025)

Gambar 1. Emisi karbon dioksida di Berbagai Benua Tahun 2011-2022

Berdasarkan Gambar 1. yang menunjukkan emisi karbon dioksida (CO₂) di berbagai benua dari tahun 2011 hingga 2022, dapat dilihat bahwa emisi global mengalami peningkatan yang signifikan, mencapai sekitar 37,12 miliar ton pada tahun 2022. Secara umum, emisi dunia menunjukkan tren kenaikan tajam, mencerminkan pertumbuhan aktivitas industri dan konsumsi energi yang semakin besar. Asia, khususnya, mengalami peningkatan yang sangat cepat dalam emisi,

terutama sejak tahun 2000, seiring dengan pesatnya industrialisasi pada negara-negara besar yang sangat bergantung pada energi fosil. Peningkatan ini berperan besar dalam meningkatkan emisi karbon dioksida di dunia, mengingat Asia merupakan kawasan dengan populasi terbesar dan pertumbuhan ekonomi yang pesat (Meng & Noman, 2022). Hal ini sejalan dengan temuan Muço (2021) yang menunjukkan bahwa konsumsi energi yang tinggi, khususnya yang berasal dari energi fosil, berkontribusi pada peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂). Selain berdampak pada perubahan iklim, juga berisiko terhadap kesehatan masyarakat akibat paparan polusi udara.

Benua Amerika Utara, Eropa, dan Amerika Selatan juga mengalami peningkatan emisi meskipun tidak sebesar Asia. negara-negara *high income* telah beralih ke energi terbarukan, namun konsumsi energi tetap tinggi. Australia juga mencatatkan kenaikan emisi yang signifikan, meski kontribusinya lebih kecil dibandingkan Asia dan Amerika Utara. Benua Afrika dan Antartika menunjukkan emisi lebih rendah dengan sedikit peningkatan, terkait dengan tingkat industrialisasi yang rendah (IPCC, 2021). Grafik ini menggambarkan perbedaan pola emisi antara benua dan pengaruh industrialisasi serta kebijakan energi terhadap emisi CO₂.

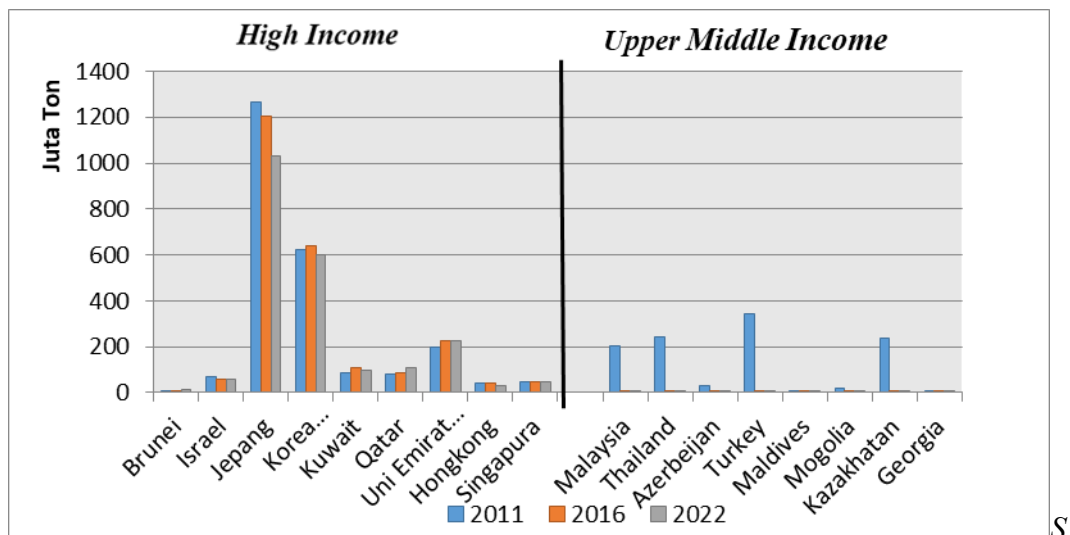
Tantangan global perubahan iklim di kawasan Asia menjadi semakin kompleks karena luas benua ini mencapai 44.391.000 km² yaitu 4,5 kali luas Benua Eropa, serta populasi yang sangat besar hampir 50% dari total emisi karbon global (ADB, 2020). Asia juga mencatat pertumbuhan ekonomi yang pesat, dengan kontribusi 70% terhadap pertumbuhan ekonomi global dan pendapatan negara yang beragam. Pada 2022, pertumbuhan ekonomi Asia mencapai 3,9% dan diproyeksikan meningkat menjadi 4,2% pada 2023 (IMF, 2022). Menurut J. Zhang (2021) mencatat bahwa pertumbuhan ekonomi yang diukur melalui peningkatan GDP per kapita memiliki korelasi historis dengan peningkatan emisi karbon. Akibat konsumsi energi fosil yang tinggi dan industrialisasi.

Pendekatan yang sering digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara perekonomian dan kerusakan lingkungan adalah *Environmental Kuznet Curve*

(EKC) atau kurva lingkungan Kuznets Menurut hipotesis ini, ada hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan, dimana peningkatan pendapatan per kapita pada awalnya justru dapat menyebabkan peningkatan polusi atau emisi. Namun, pada tahap selanjutnya, pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dapat menyebabkan adanya perbaikan lingkungan setelah melewati titik balik atau *turning point*. (Grossman & Krueger, 1995). emisi akan mulai menurun karena adanya peningkatan kesadaran lingkungan, inovasi teknologi bersih, dan pergeseran struktur ekonomi ke sektor yang lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk meninjau hipotesis EKC berlaku di negara-negara Asia, terutama pada negara-negara *high income* dan *upper middle income* yang memiliki tantangan dan strategi yang berbeda dalam menyeimbangkan antara pembangunan ekonomi dan kelestarian lingkungan.

Klasifikasi tingkat pendapatan 49 negara Asia sendiri dibagi menjadi empat klasifikasi berdasarkan GNI per kapita menurut *World Bank*, mulai dari *Low Income Countries* (pendapatan rendah) ada 9 negara, dengan GNI perkapita kurang dari 1.045 USD, *Lower Middle Income* (pendapatan menengah kebawah) ada 14 negara dengan GNI per 1.046 – 4.095 USD kapita. Selanjutnya 13 negara yang tergolong *Upper middle income* (*Upper Middle Income*) GNI per 4.095-12.695 USD dan tertinggi 11 negara *High income* (berpenghasilan tinggi) GNI per kapita lebih dari 12.696 USD. Negara-negara dalam penelitian ini didasarkan pada representasi geografis dan ekonomi yang mencerminkan keragaman kawasan Asia. Untuk mencerminkan keragaman geografis dan ekonomi kawasan kebijakan energi, dampak emisi karbon, serta kontribusi negara-negara Asia, yang terlibat dalam penelitian ini mencakup kawasan Asia Timur (Jepang, Korea Selatan, Hongkong, Mongolia,), Asia Tenggara (Brunei, Thailand, Malaysia, Singapura), Asia Barat (Israel, Kuwait, Qatar, Uni Emirat Arab, Azerbaijan, Turki, Georgia), Asia Selatan (Maldives), Asia Tengah (Kazakhstan) Keberagaman ini, mencakup negara *high income* dan *upper Middle Income*, memberikan gambaran lebih lengkap mengenai perbedaan tersebut dalam meningkatkan atau menurunkan emisi karbon di kawasan Asia (Roser, M., & Ritchie, 2023).

Negara *high income*, mewakili negara industri berbasis manufaktur dan teknologi tinggi, tetapi masih menghadapi tantangan besar dalam transisi energi, yaitu tingginya biaya transisi ke energi terbarukan, keterbatasan teknologi, serta ketidakseimbangan kepentingan antar negara yang memiliki tingkat ekonomi dan sumber daya yang berbeda. Ditambah lagi, ketidakpastian politik dan kebijakan yang sering kali terhambat oleh kepentingan ekonomi jangka pendek serta pengaruh industri. Namun sudah melakukan strategi ambisius menuju *net-zero emission*, dalam pengelolaan emisi karbon (Hariyani et al., 2024). Dengan cara menciptakan teknologi ramah lingkungan, penggunaan energi terbarukan yaitu listrik tenaga surya, angin, infrastruktur hijau dan dapat digunakan dalam proses industri, transportasi. Sementara negara berpendapatan menengah atas yang masih bergantung pada energi fosil hampir disemua sektornya. Namun upaya menuju transisi energi mulai terlihat dengan diadopsinya kebijakan yang mendukung energi terbarukan. (Zafar et al., 2020). Tren emisi karbon yang dihasilkan oleh negara-negara dengan berbagai tingkat pendapatan akan dijelaskan sebagai berikut:



umber: *Our World in Data CO2 Emission (Data diolah 2025)*

Gambar 2. Grafik Emisi Karbon Dioksida negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia 2011-2022

Berdasarkan Gambar 2 emisi karbon negara *high income* dan *upper middle income* di Asia dapat kita lihat bahwa secara keseluruhan tren emisi karbon

dioksida (CO₂) di negara *high income* berfluktuatif namun cenderung menurun dari Tahun 2011-2022 kemudian tahun selanjutnya mengalami penurunan. Jepang merupakan negara penghasil emisi terbesar yaitu pada tahun 2011 sebesar 1.264 juta ton dan 1.032 juta ton pada tahun 2022, mengalami penurunan namun Jepang tercatat sebagai salah satu negara *high income* dengan total emisi gas rumah kaca terbesar di dunia, yakni emisi karbon tertinggi kelima di dunia (UNEP, 2022). Di peringkat kedua ada Korea Selatan dengan emisi karbon terbesar pada tahun 2022 sebesar 602 juta ton, setelah itu diikuti oleh Kuwait dengan emisi karbon terbesar pada tahun 2022 sebesar 974 juta ton dan emisi karbon terendah yaitu Brunei dengan kisaran 7-11 juta ton selama tahun 2011-2022.

Kategori untuk negara *Upper middle income* emisi karbon dapat kita lihat secara keseluruhan tren emisi karbon dioksida di negara *Upper middle income* berfluktuatif namun cenderung meningkat dari tahun 2011-2022. Turki yaitu pada tahun 2011 sebesar 342 juta ton dan 437 juta ton pada tahun 2022, Turki negara penyumbang emisi karbon ketiga belas di dunia 80 persen berasal dari aktivitas perekonomian. Di posisi kedua Malaysia dengan emisi tertinggi 285 juta ton pada tahun 2022. Diposisi ketiga ada Thailand dengan emisi terbesar tahun 2022 yaitu 272 juta ton dan yang berada diurutan terakhir ada Mongolia dan Maldives dengan emisi 9-12 juta ton selama tahun 2011-2022.

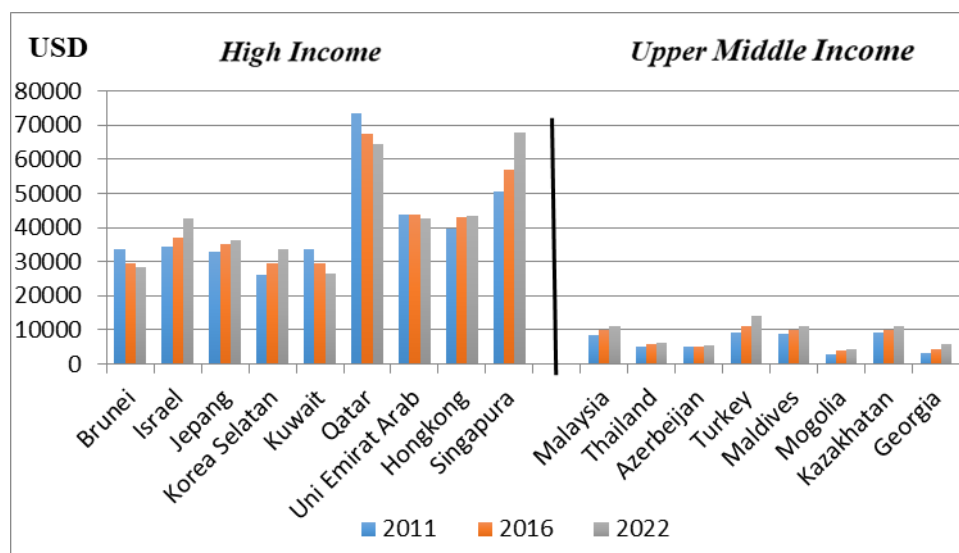
Di kawasan Asia, negara *high income* seperti Jepang dan Korea Selatan telah berhasil menurunkan emisi karbon melalui inovasi teknologi dan penggunaan energi terbarukan. Pencapaian ini menunjukkan komitmen mereka terhadap pembangunan berkelanjutan tanpa mengorbankan pertumbuhan ekonomi. Sebaliknya, negara *upper middle income* di Asia, seperti Malaysia, Thailand Turki, Kazakhstan, masih sangat bergantung pada energi fosil untuk mendukung aktivitas ekonomi, yang berdampak pada peningkatan signifikan emisi karbon (Zafar et al., 2020). Fenomena ini mencerminkan tantangan besar yang dihadapi oleh negara-negara *upper middle income* dalam mencapai keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan penurunan emisi karbon. Dalam konteks ASEAN, penelitian (Rafif et al., 2024) menunjukkan bahwa Malaysia dan Thailand menjadi contoh utama negara yang menghadapi dilema ini.

Pertumbuhan ekonomi yang tinggi terus menjadi prioritas, ketergantungan pada energi fosil menghambat upaya untuk mencapai target pengurangan emisi karbon yang telah disepakati dalam kerangka *Paris Agreement*. Kondisi ini bertolak belakang dengan negara *high income* di kawasan yang telah memanfaatkan teknologi hijau dan kebijakan energi berkelanjutan untuk menekan emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami bagaimana konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi di negara *upper middle income* diarahkan menuju jalur yang lebih hijau dan berkelanjutan. Perekonomian suatu negara diukur dengan GDP per kapitanya.

Setiap negara berupaya mendorong pertumbuhan ekonominya karena tolak ukur keberhasilan suatu negara dapat dilihat dari kesejahteraan penduduknya melalui rata-rata pendapatan per kapita. Hal ini mencerminkan perbedaan pengaruh ekonomi antara negara *high income* dan menengah atas, serta mempengaruhi kebijakan dalam mengurangi emisi karbon dioksida dan menerapkan teknologi terbarukan (World Bank, 2022). Sebagai indikator pertumbuhan ekonomi GDP per kapita mencerminkan kondisi ekonomi suatu negara yang penting untuk menganalisis dampak perubahan iklim. Selain itu, konsumsi energi erat kaitannya dengan ketergantungan pada energi fosil, berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi karbon dioksida, yang memperburuk perubahan iklim (Nadeak & Nasrudin, 2023). Sementara itu, pertumbuhan nilai tambah sektor industri dianggap relevan karena sektor ini berfungsi sebagai pendorong ekonomi, tetapi juga berperan dalam meningkatkan emisi karbon yang memperburuk dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan (Pratama, 2022).

Hipotesis EKC sendiri penting untuk diuji guna mengetahui apakah pola yang muncul mendukung atau menentang hipotesis tersebut pada negara *high income* dan negara *upper middle income*. Seperti penelitian yang dilakukan (World Bank, 1992) dan (Grossman & Krueger, 1995), hasil penelitian mereka menunjukkan sesuai dengan hipotesis EKC yaitu apabila semakin tinggi GDP per kapita, semakin besar emisi yang dihasilkan. Namun, dengan faktor-faktor seperti teknologi yang lebih ramah lingkungan serta pergeseran struktur ekonomi menuju sektor jasa maka degradasi lingkungan akan menurun. Kemudian (Rafif et al.,

2024) menemukan adanya hubungan positif antara pendapatan perkapita dengan emisi karbon dioksida, Penelitian Nikensari (2019) sejalan dengan hipotesis EKC pada negara Asia *high income* setelah *millennium development goals (MDGs)*, GDP per kapita menurunkan emisi karbon dioksida karena mulai mencapai *turning point*. Namun pada negara *lower middle income* setelah maupun sesudah EKC belum berlaku MDGs. Penelitian Pao & Tsai (2011) juga membuktikan berlakunya pola U terbalik dalam menjelaskan pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ di kawasan Brazil, Rusia, India, China (BRIC) kecuali Rusia, hipotesis EKC akan berlaku saat GDP per kapita mencapai nilai tertentu pada saat GDP per kapita positif dan nilai GDP per kapita kuadrat negatif. Adapun grafik GDP per kapita negara *High income* dan *Upper middle income* sebagai berikut:



Sumber: World Bank (Data diolah 2025)

Gambar 3. Grafik GDP per kapita negara High Income dan Upper Middle Income di Asia 2011-2022

Berdasarkan Gambar 3 Grafik GDP per kapita negara *high income* di Asia diatas empat negara dengan pendapatan tinggi GDP per kapita berfluktuasi yang signifikan untuk negara masing-masing. Pada tahun 2020 GDP per kapita kembali mengalami penurunan yang disebabkan oleh pandemi covid-19. Singapura sebesar 67.948 yang paling tinggi pada tahun 2022, Urutan kedua ada Qatar pada 2022 sebesar 64.315 USD 2022 lalu di urutan ketiga ada Uni Emirat Arab dan

yang terendah adalah Kuwait dengan GDP per kapita tertinggi 29.882 USD pada tahun 2022.

Kategori untuk negara GDP per kapita *upper middle income* di Asia keempat negara tersebut mengalami kenaikan pendapatan yang positif dari tahun ketahun Turki adalah yang paling tinggi dengan GDP perkapita 9.201 USD pada tahun 2011 lalu mengalami kenaikan yang signifikan pada tahun 2022 sebesar 14.055 USD, kemudian selanjutnya ada Kazakhstan dengan pendapatan perkapita terbesar pada tahun 2022 yaitu 11.058 USD, yang ketiga ada Malaysia dengan pendapatan 11.117 USD pada tahun 2022 jika dilihat dari rata-rata Malaysia memang diurutan ketiga dan yang paling rendah berada di posisi terakhir adalah pendapatan Georgia sebesar 5.736 pada tahun 2022. Perbandingan GDP per kapita antara Malaysia dan Singapura menunjukkan perbedaan yang signifikan meskipun keduanya berasal dari kawasan yang sama.

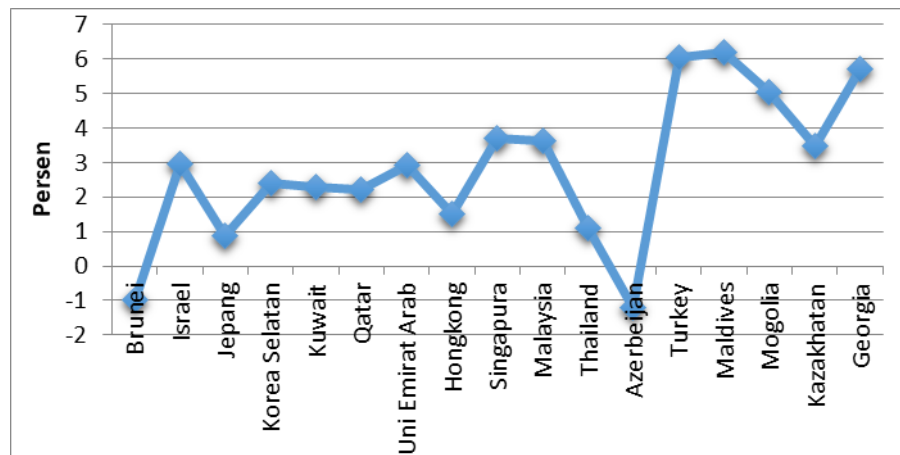
Pada tahun 2022, GDP per kapita Singapura tercatat sebesar 67.948 USD, sedangkan Malaysia hanya mencapai 11.174 USD. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor struktural dominasi sektor jasa dan teknologi tinggi di Singapura seperti teknologi finansial (*fintech*) di Asia Tenggara dengan kebijakan pro-inovasi yang mendukung pertumbuhan startup dan industri digital. Sementara Malaysia masih mengandalkan sektor manufaktur, eksploitasi sumber daya alam, seperti minyak dan gas, yang kurang memberikan nilai tambah tinggi dibandingkan industri berbasis teknologi. Selain itu, tingkat pendidikan, sumber daya manusia dan kualitas infrastruktur yang lebih baik di Singapura juga berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi yang lebih pesat.

Pertumbuhan ekonomi, yang sering diukur melalui peningkatan GDP per kapita, memiliki dampak signifikan terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) melalui beberapa mekanisme. Seiring meningkatnya pendapatan suatu negara, disertai dengan peningkatan konsumsi energi, terutama yang berasal dari sumber energi fosil, seperti batubara, minyak, dan gas alam. Hal ini terjadi karena sektor industri dan transportasi yang semakin pesat. *Upper middle income* membutuhkan lebih banyak energi untuk mendukung peningkatan produksi. Misalnya, ketika produksi

barang dan jasa meningkat untuk memenuhi permintaan ekonomi yang lebih besar, kebutuhan akan energi juga meningkat pada gilirannya meningkatkan emisi CO₂. Sebagian besar negara *upper middle income* dan negara *high income* masih bergantung pada sumber energi fosil, yang menyebabkan emisi gas rumah kaca (Bakhri, 2020).

Industrialisasi, yang menjadi fokus utama banyak negara *upper middle income* seperti Thailand dan Malaysia, diharapkan dapat menjadi pendorong utama dalam meningkatkan GDP dan memperbaiki kondisi ekonomi (Prinadi et al., 2022). Meskipun demikian, tanpa kebijakan lingkungan yang memadai, proses industrialisasi dapat memicu dampak negatif, seperti peningkatan emisi karbon yang berhubungan dengan pencemaran udara (Schiller, 2000). Peningkatan GDP per kapita sering kali dikaitkan dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat, yang ditunjukkan melalui penurunan tingkat kemiskinan, meningkatnya akses pendidikan, serta layanan kesehatan yang lebih baik (World Bank, 2022). Peningkatan emisi ini dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti penyakit pernapasan, yang sudah menjadi masalah utama di banyak negara *upper middle income*, terutama di daerah perkotaan yang memiliki kepadatan industri yang tinggi (Boucher et al., 2009).

Secara konseptual, industrialisasi dapat dipahami sebagai proses transformasi sosial-ekonomi yang memindahkan negara dari keadaan pra-industri dengan pendapatan rendah ke tahap industrialisasi yang lebih maju dengan pendapatan yang lebih tinggi (Hanifah & Yasin, 2024). Negara-negara yang berfokus pada sektor industri manufaktur dan konstruksi berperan besar dalam kontribusi terhadap emisi karbon global, yang mencapai sekitar 20% dari total emisi karbon dunia (GCP, 2022). Berikut ini merupakan grafik pertumbuhan industrialisasi:



Sumber: World Bank (Data diolah 2025)

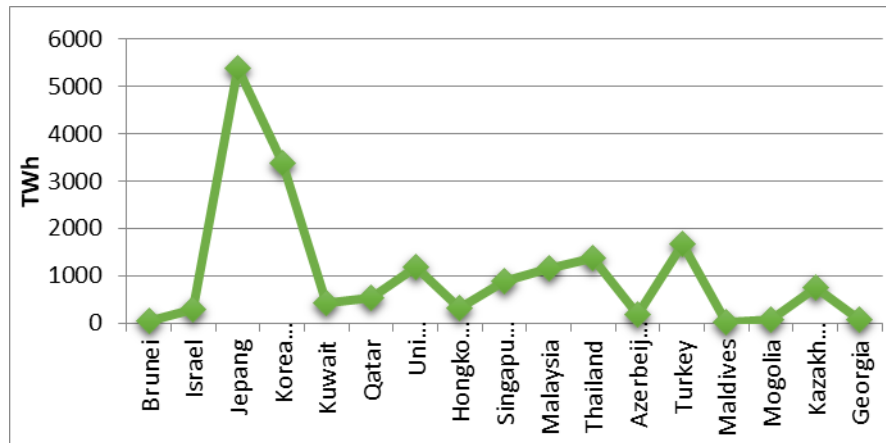
Gambar 4. Rata-rata Pertumbuhan Industrialisasi Asia negara *High Income* dan *Upper Middle Income* Tahun 2011-2022

Gambar 4 menunjukkan rata-rata pertumbuhan industrialisasi asia di negara *high income* rata-rata pertumbuhan industrialisasi sebesar 1-3% lebih kecil dibandingkan rata-rata negara *upper middle income*, seperti Maldives merupakan negara yang menduduki rata-rata industri tertinggi yaitu sebesar 6,1 %. Lalu menempati posisi kedua dengan industri sebesar 6,2% adalah Turkey, Lalu di posisi ketiga Georgia dengan industrialisasi sebesar 5,7%, dan disusul oleh Mongolia dengan pertumbuhan industrialisasi sebesar 5,2%. Diantara 17 negara Asia pendapatan menengah keatas dan pendapatan tinggi yang memiliki pertumbuhan industrialisasi terendah adalah sebesar 0,6 % Azerbaijan.

Berdasarkan data tersebut hal ini sesuai dengan penelitian Pratiwi (2021) menjelaskan bahwa kerusakan lingkungan yang parah sering terjadi di negara *upper middle income* dengan pendapatan per kapita rendah. Pada tahap awal industrialisasi, fokus utama adalah pada pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan dampak lingkungan. Tumbuhnya sektor industri di suatu negara mencerminkan peningkatan penggunaan energi karena ketergantungan untuk produksi suatu barang, yang diharapkan dapat mendongkrak perekonomian. Namun, peningkatan ini juga berpotensi menyebabkan degradasi lingkungan

akibat tingginya aktivitas ekonomi. Seiring dengan perkembangan ekonomi, kebutuhan energi akan semakin besar (Halicioglu, 2009).

Sektor energi menyumbang emisi gas rumah kaca (GRK) terbesar, yaitu 73,2 persen. Sektor lain yang juga berkontribusi terhadap emisi antara lain pertanian, kehutanan, dan tata guna lahan (18,4 persen), industri lainnya (5,2 persen), dan persampahan (3,2 persen). Peningkatan penggunaan energi untuk mendukung kegiatan ekonomi berimplikasi pada kualitas lingkungan, terutama dalam hal emisi karbon dioksida. Penyebab utama tingginya kontribusi sektor energi terhadap emisi adalah dominasi penggunaan energi fosil, di mana pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas menghasilkan emisi CO₂ yang signifikan. Berdasarkan beberapa penelitian, ditemukan adanya hubungan antara konsumsi energi dan peningkatan emisi karbon dioksida. Salah satunya, penelitian yang dilakukan oleh Osobajo (2020) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi memiliki hubungan jangka panjang terhadap emisi karbon dioksida. Konsumsi energi di Asia sebagai berikut:



Sumber: *Our World in Data* (Data diolah 2025)

Gambar 5. Rata-rata Konsumsi Energi Asia negara *High Income* dan *Upper Middle Income* Tahun 2011-2022

Berdasarkan Gambar 5 Dapat kita lihat bahwa rata-rata konsumsi energi Asia negara *high income* dan *upper Middle Income*, negara dengan rata-rata tingkat konsumsi energi yang paling tinggi pada yaitu Jepang sebesar 5389,56 TWh. Korea Selatan termasuk kedua tertinggi 3366,28 TWh, diurutan ketiga Turkey

1671,02 TWh, dan Maldives adalah negara dengan tingkat konsumsi energi terendah sebesar 7,714 TWh.

Energi memainkan peran sentral dalam proses pembangunan ekonomi, baik di negara *high income* maupun *upper middle income* (Al-mulali, 2011). Peningkatan konsumsi energi memperburuk emisi karbon di atmosfer. Proses pembakaran energi fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan (Bakhri, 2020). Sebagai input utama dalam kegiatan produksi dan konsumsi, energi mendorong produktivitas ekonomi, pertumbuhan industri, serta konsumsi rumah tangga, serta faktor yang penting bagi perekonomian modern (Zou & Chau, 2023). Namun disisi lain, konsumsi energi berdampak pada lingkungan, baik penggunaan sumber daya alam yang berlebihan, serta berkontribusi langsung terhadap pencemaran udara dan perubahan iklim, yang mempengaruhi kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat secara global (Lahope et al., 2024). Sebaliknya, energi terbarukan dipandang sebagai solusi strategis untuk pembangunan berkelanjutan, karena dapat mengurangi polusi, meningkatkan ketahanan energi, dan mengatasi dampak perubahan iklim (Lu et al., 2021).

Banyak penelitian telah membahas hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon, tetapi masih terdapat celah dalam memahami kontribusi variabel seperti GDP per kapita, konsumsi energi, dan nilai tambah sektor industri terhadap emisi karbon. Penelitian sebelumnya cenderung fokus pada satu atau dua variabel saja tanpa mempertimbangkan dinamika antar negara dengan tingkat pendapatan yang berbeda. Penelitian di Asia khususnya negara *high income* dan *upper middle income* dengan konteks serupa masih terbatas karena berfokus pada satu kelompok negara saja. Negara-negara dalam penelitian ini, baik *high income* maupun *upper middle income*, telah terdampak langsung oleh perubahan iklim melalui peningkatan suhu, banjir, kekeringan, hingga krisis air (Asian Development Bank, 2020). Kondisi ini menunjukkan kontribusi pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi terhadap emisi karbon di kawasan Asia. sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan sektor industri terhadap emisi karbon di Asia.

Selain itu ada variabel GDP per kapita kuadrat ($GDPC^2$) dimasukan penelitian ini untuk menguji relevansi teori *Environmental Kuznets Curve*, diharapkan dapat mendukung pengembangan kebijakan energi dan lingkungan yang lebih efektif.

Teori *Environmental Kuznets Curve* menjadi penting dalam penelitian ini karena rumusan masalah pertama hingga ketiga menjadi dasar untuk menguji apakah teori EKC tersebut berlaku pada negara *high income* dan negara *upper middle income* di Asia. Pemahaman tentang pengaruh GDP per kapita, industrialisasi, dan konsumsi energi terhadap emisi CO_2 diperlukan untuk melihat apakah pola U terbalik dalam teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Dengan menguji hubungan ini, penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah emisi karbon meningkat seiring pertumbuhan ekonomi, namun mulai menurun setelah mencapai titik pendapatan tertentu, yang mendukung atau menentang hipotesis EKC. Oleh karena itu, rumusan masalah kesatu sangat penting untuk mengkonfirmasi apakah teori EKC berlaku dan memberikan rekomendasi kebijakan untuk pertumbuhan ekonomi berkelanjutan.

Konsumsi energi yang tertinggi dan emisi karbon dioksida yang meningkat juga berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Polusi udara akibat emisi CO_2 telah dikaitkan dengan peningkatan angka penyakit pernapasan, seperti asma, infeksi saluran pernapasan akut, dan penyakit paru kronis. Dampak ini lebih terasa di negara-negara *upper middle income* yang masih sangat bergantung pada energi fosil dan memiliki regulasi lingkungan yang belum seketat negara *high income* (Zafar et al., 2020). Dengan demikian, meskipun pertumbuhan GDP per kapita mencerminkan peningkatan kesejahteraan ekonomi, tantangan dalam transisi energi dan keberlanjutan lingkungan masih menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan dalam kebijakan pembangunan. Negara-negara *upper middle income* masih menghadapi dilema antara pertumbuhan ekonomi dan peningkatan emisi karbon, sementara negara *high income* telah mulai menemukan cara untuk menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah hipotesis teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) berlaku pada negara *High Income* dan *upper middle income*?
2. Bagaimana pengaruh GDP per kapita terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara *high income* dan negara *upper middle income* di Asia?
3. Bagaimana pengaruh industrialisasi terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara *high income* dan negara *upper middle income* di Asia ?
4. Bagaimana pengaruh konsumsi energi terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara *High Income* dan negara *upper middle income* di Asia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah, penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut.

1. Menguji apakah hipotesis teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) berlaku pada negara-negara *high income* dan *upper middle income*.
2. Mengetahui pengaruh GDP per kapita terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara-negara *High Income* dan negara *upper middle income* di Asia.
3. Mengetahui pengaruh industrialisasi terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara-negara *High Income* dan negara *upper middle income* di Asia.
4. Mengetahui pengaruh konsumsi energi terhadap tingkat emisi karbon dioksida pada negara-negara *high income* dan negara *upper middle income* di Asia.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai kondisi ekonomi dan lingkungan negara *High Income* dan *upper middle income* di Asia, yang selaras dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC).
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai dampak GDP per kapita terhadap emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income* di Asia. Temuan ini diharapkan dapat membantu pemerintah pada negara-negara tersebut untuk merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang memperhatikan aspek lingkungan guna menurunkan emisi karbon dioksida.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh industrialisasi terhadap emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income* di Asia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendorong pemerintah untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh aktivitas industri manufaktur.
4. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman tentang pengaruh konsumsi energi fosil terhadap emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income* di Asia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan, serta bagi pemerintah dapat mengupayakan kebijakan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dengan menyediakan alternatif energi yang lebih ramah lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

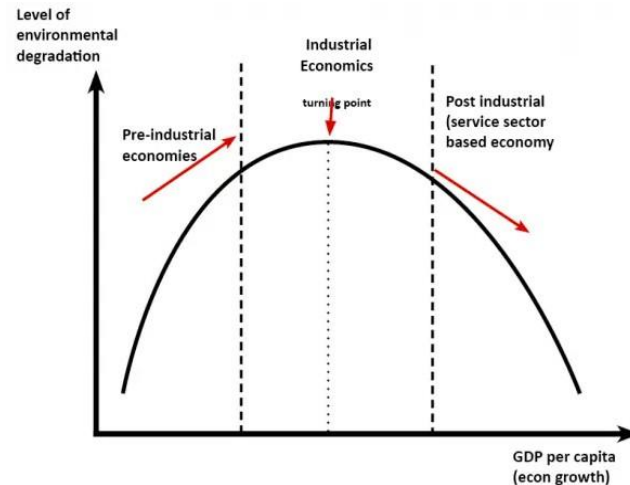
2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Environmental Kuznets Curve (EKC)*

Kurva lingkungan kuznet atau *Environmental Kuznets Curve (EKC)* adalah model teoritis yang menggambarkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan, yang diasumsikan membentuk kurva U terbalik. Hipotesis pada teori ini pertama kali dijelaskan oleh Simon Kuznets pada tahun 1955, Kuznets yang saat itu seorang ekonom peraih nobel ketiga dalam bidang ekonomi menjelaskan mengenai keterkaitan antara pendapatan yang timpang dengan pertumbuhan ekonomi, penggambaran hubungan ini berbentuk kurva U-terbalik dimana saat awal terjadinya

pertumbuhan ekonomi di suatu negara maka akan meningkatkan ketimpangan ekonomi pada masyarakat, namun seiring meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan terjadi *Turning Point (TP)* maka ketimpangan juga akan menurun.

Setelah ditemukan dan dipopulerkan oleh World Bank (1992) dan (Grossman & Krueger, 1995) melakukan perluasan pada konsep EKC, dimana hipotesis Kuznet menggambarkan keterkaitan antara GDP per kapita dan kualitas lingkungan. Pada tahap awal pembangunan ekonomi (*pre-industrial*), degradasi lingkungan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Namun, setelah mencapai titik tertentu (*turning point*), kualitas lingkungan mulai membaik seiring dengan peningkatan pendapatan per kapita dan penerapan serta teknologi yang lebih ramah lingkungan (Grossman & Krueger, 1995).



Sumber: (Tejvan Pettinger, 2019)

Gambar 6. *Environmental Kuznets Curve*

Environmental Kuznets Curve (EKC) menggambarkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan yang diasumsikan membentuk kurva U terbalik. Grafik ini menjelaskan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi (*pre-industrial*), atau yang disebut Kuznet sebagai tahap awal ekonomi suatu negara, dimana perekonomian ditopang oleh sumber daya alam (sektor primer), dimana pertanian menjadi sektor utama yang menyumbang pertumbuhan ekonomi. Dalam fase ini, degradasi lingkungan yang terjadi adalah efek dari kegiatan ekonomi yang mengandalkan sumber daya alam, oleh karenanya sumber daya alam semakin menipis dan menjadi masalah lingkungan. Lalu pada fase berikutnya (*industrial economics*), pertumbuhan ekonomi yang mengalami peningkatan akan diiringi pula oleh meningkatnya degradasi lingkungan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya perpindahan sektor pertanian ke sektor industri (sekunder) yang mana sektor ini banyak menghasilkan limbah atau pencemaran. Sektor industri ini diyakini menjadi sumber yang paling besar untuk pendapatan nasional. Namun SDA yang semakin menipis diikuti dengan meningkatnya jumlah pencemaran menyebabkan kerusakan lingkungan yang semakin besar. Kemudian terjadi perubahan struktur ekonomi pada tahap pembangunan yang lebih tinggi (*Post-Industrial Economics*) yaitu sektor industri ke sektor jasa (tersier). Pada tahap inilah terjadi titik balik atau *turning point* dimana peningkatan pendapatan akan diikuti dengan penurunan kerusakan lingkungan (Nikensari et al., 2019). *turning point* pada teori EKC diketahui

melalui perhitungan $= -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ Nilai dari GDP per kapita terus tumbuh namun tingkat kerusakan lingkungan semakin berkurang saat mencapai *turning point*

2.1.2 Teori Pertumbuhan Neoklasik

Teori ini diperkenalkan oleh Solow dan Swan (1956) sebagai respon terhadap kelemahan teori pertumbuhan Harrod-Domar yang dianggap tidak stabil dalam jangka panjang. menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi ditentukan akumulasi modal, tenaga kerja dan teknologi. sebagai faktor utama yang menentukan pertumbuhan ekonomi jangka panjang. Dalam model ini, Produktivitas Total Faktor (*Total Factor Productivity* - TFP) memainkan peranan penting dalam meningkatkan output barang dan jasa suatu negara. Dengan adanya teknologi, faktor produksi dapat digunakan secara lebih efisien, yang pada gilirannya mendorong pertumbuhan ekonomi (Mankiw, 2006). Model ini juga mengasumsikan bahwa dalam jangka panjang, suatu negara akan mengalami penurunan laju pertumbuhan ekonomi setelah mencapai titik keseimbangan di mana faktor-faktor pertumbuhannya mencapai titik jenuh. Oleh karena itu, *high income* menggunakan teknologi menjadi pendorong utama untuk menjaga pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Sejalan dengan pendapat Ekonom Neoklasik, yang menunjukkan bahwa konsumsi energi digunakan sebagai input penting dalam proses produksi. Dalam kerangka neoklasik yang diperluas (*extended Solow model*), beberapa peneliti memang memasukkan energi sebagai komponen input selain modal dan tenaga kerja. Energi membantu menjalankan teknologi dan menggerakkan mesin produksi. (Rahmawati & Hendarto, 2023). Dimana seluruh faktor produksi baik modal, teknologi maupun tenaga kerja berperan penting menghasilkan output, Solow menggunakan fungsi produksi *Cobb-Douglas* untuk menganalisis hubungan antara input dan output. Model *Cobb-Douglas* merupakan salah satu bentuk fungsi produksi yang umum digunakan dalam ekonomi, yang diperkenalkan oleh Charles Cobb dan Paul Douglas pada tahun 1928. Fungsi Cobb-Douglas dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha}$$

Keterangan:

Y = Output Produksi

K = Input Kapital

L = Input Tenaga Kerja

A = Teknologi

Model tersebut merepresentasikan bagaimana skala produksi dapat ditingkatkan melalui kontribusi berbagai faktor produksi, yaitu modal (kapital), tenaga kerja, dan kemajuan teknologi. Dalam kerangka tersebut, bagian output yang dihasilkan oleh modal dinyatakan dalam parameter α sedangkan kontribusi tenaga kerja direpresentasikan oleh $1-\alpha$. Apabila nilai $\alpha > 1$, maka pertumbuhan output cenderung lebih cepat dan didorong oleh peningkatan akumulasi modal. Sebaliknya, jika $\alpha < 1$ maka pertumbuhan output lebih bergantung pada tenaga kerja. Sementara itu, komponen teknologi (A) berfungsi sebagai penggeser kurva fungsi produksi, yang mencerminkan adanya peningkatan produktivitas secara keseluruhan.

2.1.3 Ekonomi Lingkungan

Ekonomi lingkungan adalah cabang ilmu ekonomi yang fokus pada pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan secara efisien, sambil mempertimbangkan dampaknya terhadap kualitas lingkungan jangka panjang. Menurut Munasinghe, (1993) pendekatan ini menekankan pada efisiensi penggunaan sumber daya energi dan pengurangan kerusakan lingkungan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Dengan demikian, ekonomi lingkungan berupaya menjembatani kebutuhan ekonomi dengan pelestarian lingkungan.

Lingkungan berfungsi sebagai penyedia bahan mentah, tempat pembuangan limbah, dan penyedia jasa ekosistem yang esensial bagi kehidupan manusia. Namun, kegiatan ekonomi yang intensif telah memicu eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan, mengurangi daya dukung lingkungan, dan meningkatkan risiko pencemaran serta degradasi lingkungan (Suparmoko, 2000). Hal ini terlihat pada peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) akibat ketergantungan pada bahan

bakar fosil, yang memperburuk perubahan iklim dan menimbulkan eksternalitas negatif terhadap ekosistem global.

Pemerintah memiliki peran kunci dalam pengelolaan lingkungan, terutama melalui kebijakan publik yang diarahkan untuk mendorong pembangunan ekonomi yang lebih ramah lingkungan. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009, tanggung jawab pemerintah meliputi:

1. Penyusunan regulasi yang memastikan pemanfaatan sumber daya alam secara efisien.
2. Pengawasan aktivitas ekonomi yang berdampak pada lingkungan.
3. Penyediaan dana untuk program pelestarian dan pemulihan lingkungan.
4. Mendorong adopsi teknologi ramah lingkungan, seperti energi terbarukan.

Prinsip utama yang mendasari ekonomi lingkungan adalah mencegah kerusakan lingkungan melalui pendekatan berbasis manajemen risiko.

2.1.4 Peran Pemerintah

Pemerintah memiliki tanggung jawab besar dalam mengambil kebijakan yang mengarah pada keberlanjutan lingkungan, terutama terkait dengan permasalahan pemanasan global dan emisi karbon dioksida yang terus meningkat. Seiring dengan *upper middle income* nya isu perubahan iklim yang berdampak pada ekosistem dan kualitas hidup manusia, pemerintah harus memastikan bahwa kebijakan yang diterapkan tidak hanya mendukung pertumbuhan ekonomi, tetapi juga menjaga keseimbangan dengan keberlanjutan lingkungan. Salah satu kebijakan yang dapat dilakukan adalah penerapan pajak karbon (*carbon tax*). Pajak ini bertujuan untuk mengurangi emisi karbon dengan memberikan insentif bagi sektor industri dan individu untuk mengurangi kegiatan yang menghasilkan emisi tinggi. Dalam hal ini, pajak karbon akan menjadi mekanisme pengendalian yang efektif terhadap gas rumah kaca yang berbahaya bagi lapisan ozon dan memperlambat perubahan iklim menurut Andersson dalam (Bakhri, 2020).

Penerapan pajak karbon tidak hanya berfungsi sebagai alat pengurang emisi, tetapi juga dapat memberikan pendapatan tambahan bagi negara. Pendapatan dari pajak

ini dapat digunakan untuk mendanai inisiatif energi terbarukan seperti energi matahari, angin, atau hidro, yang lebih ramah lingkungan (Salim & Sidiq, 2022). Meskipun memiliki banyak keuntungan, *State and Trends of Carbon Pricing* yang dirilis oleh Bank Dunia (2022) menunjukkan bahwa baru sekitar 37 negara yang menerapkan kebijakan ini. Di kawasan Asia, negara-negara yang telah mengimplementasikan pajak karbon mencakup Jepang (2012), Singapura (2019), dan Malaysia, Thailand sedang merencanakan penerapan pajak karbon.

2.1.5 Eksternalitas

Dalam ilmu ekonomi, eksternalitas merujuk pada dampak berupa biaya atau keuntungan yang dirasakan oleh pihak ketiga tanpa adanya mekanisme kompensasi langsung dari pihak yang menyebabkan dampak tersebut. Eksternalitas dapat bermanfaat, yang disebut eksternalitas positif, atau kerugian, yang dikenal sebagai eksternalitas negatif. Eksternalitas positif mencakup keuntungan yang diterima oleh pihak lain sebagai hasil dari suatu aktivitas, sementara eksternalitas negatif mencerminkan kerugian yang dirasakan akibat aktivitas tertentu (Mankiw, 2003). Dalam konteks lingkungan, eksternalitas negatif sering kali muncul akibat aktivitas ekonomi dan pembangunan yang memberikan dampak buruk terhadap pihak ketiga. Eksternalitas ini mencakup kerugian lingkungan, seperti polusi udara, air, dan tanah, yang dihasilkan dari aktivitas industri maupun urbanisasi yang tidak terkendali (Schiller, 2000).

Kerusakan lingkungan akibat aktivitas tersebut dapat dianggap sebagai bentuk kegagalan pasar, karena biaya sosialnya lebih besar daripada manfaat yang diterima secara individu (William J. & Baumol, 2011). Kerusakan lingkungan dan pencemaran yang terus terjadi hingga saat ini, seperti peningkatan emisi karbon dan degradasi sumber daya alam, merupakan hasil dari pembangunan yang tidak berkelanjutan. Fenomena ini mencerminkan bahwa aktivitas ekonomi tradisional seringkali mengorbankan aspek lingkungan demi pertumbuhan ekonomi jangka pendek (Setyadharma et al., 2023).

2.1.6 Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Emisi karbon dioksida (CO₂) memainkan peran penting dalam pemanasan global melalui efek rumah kaca, yang terjadi ketika gas ini dilepaskan ke atmosfer akibat aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan industri. Gas ini menyerap dan memerangkap radiasi inframerah dari permukaan bumi yang seharusnya dipancarkan kembali ke luar angkasa, sebagaimana dijelaskan oleh Boucher (2009). Akibatnya, energi panas terjebak di atmosfer, menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat.

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer memperkuat efek rumah kaca alami yang akhirnya meningkatkan pemanasan global. Pemanasan memiliki dampak negatif, seperti mencairnya es kutub, naiknya permukaan air laut, perubahan pola cuaca ekstrem seperti badai, kekeringan, banjir serta penurunan keanekaragaman hayati. Emisi karbon dioksida merupakan cerminan dari tingkat konsumsi energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, yang masih menjadi sumber energi dominan di banyak negara. Menurut laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) CO₂ menjadi penanggung jawab utama dari 70% kontribusi terhadap pemanasan global dari aktivitas manusia.

Pengukuran emisi karbon dioksida dilakukan dalam juta ton dan digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana aktivitas ekonomi suatu negara berdampak pada kualitas lingkungan. Emisi karbon dioksida (CO₂) memiliki hubungan erat dengan konsumsi energi, di mana semakin intensif penggunaan energi fosil, semakin tinggi tingkat emisinya. Penelitian (Nadeak & Nasrudin, 2023) menunjukkan bahwa pada tahap awal pembangunan ekonomi, emisi (CO₂) cenderung meningkat karena tingginya konsumsi energi fosil. Namun, pada tahap pembangunan yang lebih lanjut, Emisi Karbon Dioksida dapat menurun seiring dengan adopsi teknologi ramah lingkungan dan kebijakan energi yang lebih efisien.

2.1.7 Gross Domestic Product (GDP) Per Kapita

Pertumbuhan ekonomi adalah salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan pembangunan ekonomi suatu negara. Sejauh mana suatu negara

dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya sangat dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan ekonomi, para ahli ekonomi umumnya menggunakan Produk Domestik Bruto (PDB). Pertumbuhan ekonomi membawa dampak yang dapat bersifat positif maupun negatif, seperti yang dijelaskan oleh dalam analisis (Cochrane, 2016) dalam analisis berikut:

1. Politik

Pertumbuhan ekonomi memberikan panduan yang berguna bagi pengambil kebijakan dalam merumuskan keputusan strategi untuk mencapai tujuan negara.

2. Kesehatan

Ketika ekonomi *upper middle income*, taraf hidup masyarakat juga cenderung meningkat, salah satunya melalui peningkatan akses terhadap asuransi kesehatan. Kenaikan ekonomi ini memungkinkan individu untuk lebih memprioritaskan kesehatan mereka, berkontribusi pada peningkatan produktivitas jangka panjang.

3. Energi dan Lingkungan

Pertumbuhan ekonomi memacu permintaan akan berbagai barang dan jasa, yang mendorong perusahaan untuk meningkatkan tingkat produksi. Proses produksi ini membutuhkan sumber daya alam yang dapat menyebabkan polusi. Oleh karena itu, pemerintah diharapkan untuk menetapkan kebijakan terkait pengelolaan energi dan perlindungan lingkungan.

4. Pendidikan

Negara yang mengalami pertumbuhan ekonomi yang tinggi cenderung meningkatkan kualitas sumber daya manusia melalui perbaikan dalam sistem pendidikan, karena pendidikan adalah fondasi penting dalam meningkatkan produktivitas.

Gross Domestic Product (GDP) adalah indikator utama yang digunakan untuk mengukur tingkat aktivitas ekonomi suatu negara dalam periode tertentu. Menurut N. Gregory Mankiw (2008), GDP mencerminkan nilai total barang dan jasa yang diproduksi dalam suatu perekonomian dan digunakan untuk mengevaluasi pertumbuhan ekonomi dari waktu ke waktu Penelitian Sadono Sukirno (2012)

menjelaskan bahwa GDP mencakup nilai barang dan jasa yang dihasilkan oleh warga negara domestik maupun asing yang memanfaatkan faktor produksi dalam suatu wilayah. GDP terbagi menjadi dua jenis, yaitu GDP Riil dan GDP Nominal. GDP Riil dihitung berdasarkan harga konstan, sehingga mencerminkan perubahan jumlah barang dan jasa yang diproduksi tanpa terpengaruh oleh fluktuasi harga. Sebaliknya, GDP Nominal dihitung berdasarkan harga yang berlaku pada saat penghitungan dilakukan, sehingga perubahan dalam GDP Nominal dapat disebabkan oleh peningkatan harga, output, atau keduanya (Mankiw, 2006).

Secara umum, GDP sering digunakan untuk menggambarkan keberhasilan suatu negara dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakatnya. Peningkatan GDP menunjukkan peningkatan kapasitas produksi yang berpengaruh pada peningkatan pendapatan dan konsumsi masyarakat. Salah satu ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kesejahteraan masyarakat adalah GDP per kapita, yang diperoleh dengan membagi nilai GDP dengan jumlah penduduk. GDP per kapita dianggap lebih representatif karena mencerminkan tingkat pendapatan rata-rata individu di suatu negara. Studi Zaidan (2022) juga menyebutkan bahwa GDP dapat digunakan sebagai alat untuk merencanakan pembangunan ekonomi nasional.

2.1.8 Industrialisasi

Industrialisasi dalam penelitian ini menggunakan indikator pertumbuhan nilai tambah sektor industri didefinisikan sebagai kontribusi bersih sektor manufaktur, pengolahan, dan produksi barang terhadap GDP suatu negara, setelah mengurangi nilai input yang digunakan dalam proses produksi (World Bank, 2022). Sektor ini mencerminkan produktivitas dan efisiensi ekonomi suatu negara dalam memanfaatkan sumber daya untuk menghasilkan barang dan jasa. Menurut Zafar (2020), sektor industri memainkan peran strategis dalam perekonomian, terutama di negara-negara Asia yang sedang mengalami transformasi ekonomi. Di negara-negara *upper middle income* seperti Thailand dan Malaysia, sektor industri menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi, sedangkan di negara *high income* seperti Jepang dan Korea Selatan, sektor ini telah menjadi industri

berbasis teknologi canggih. Nilai tambah industri tidak hanya mengindikasikan tingkat produktivitas ekonomi, tetapi juga mencerminkan kemampuan suatu negara untuk bersaing dalam perdagangan internasional.

Pengelolaan nilai tambah sektor industri menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kontribusinya terhadap GDP sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan. Hal ini dapat dicapai melalui adopsi teknologi ramah lingkungan dan kebijakan pemerintah yang mendukung efisiensi energi dan inovasi di sektor industri (Putri, 2023).

2.1.9 Konsumsi Energi

Energi merupakan kapasitas untuk melakukan kerja atau menghasilkan perubahan, dan menjadi komponen esensial dalam kehidupan manusia serta pembangunan ekonomi. Sumber energi terbagi menjadi dua kategori utama energi konvensional yang berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Dan energi terbarukan yang berasal dari sumber alam yang dapat diperbarui secara alami, seperti sinar matahari, angin, air, biomassa, dan panas bumi. Energi terbarukan memiliki peran penting dalam upaya global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mencapai pembangunan berkelanjutan. Menurut *International Energy Agency* (IEA, 2022) energi terbarukan didefinisikan sebagai energi yang berasal dari proses alam yang terbarui lebih cepat daripada konsumsi energinya.

Energi merupakan sumber daya alam yang sangat krusial untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di suatu negara, dan tingkat konsumsi energi seringkali dijadikan sebagai salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan pembangunan. Energi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: energi primer dan energi sekunder. Energi primer mencakup sumber daya alam yang tersedia secara langsung, seperti batu bara, minyak bumi, gas alam, biomassa, energi nuklir, dan panas bumi. Sebaliknya, energi sekunder dihasilkan melalui konversi energi primer, seperti listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbahan bakar batu bara atau minyak. Memahami klasifikasi ini sangat penting untuk pengelolaan energi yang efisien dan berkelanjutan, sebagaimana dijelaskan oleh (Virah-Sawmy & Sturmberg, 2025).

2.2 Hubungan Variabel

2.2.1 Hubungan GDP Per Kapita dengan Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Hubungan GDP per kapita dengan kualitas lingkungan sering dijelaskan melalui hipotesis *Environmental Kuznets Curve (EKC)*. Hipotesis ini menyatakan bahwa pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, kualitas lingkungan akan menurun karena fokus negara pada industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan dampak lingkungan (Grossman & Krueger, 1995). Namun, setelah mencapai titik tertentu yang disebut *turning point*, pertumbuhan ekonomi mampu meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemerintah akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, sehingga emisi karbon mulai menurun (Muço et al., 2021).

Penelitian oleh Zafar (2020) menunjukkan bahwa GDP per kapita memiliki hubungan positif terhadap emisi karbon di negara-negara Asia yang sedang *upper middle income*, terutama yang masih bergantung pada energi fosil. Namun, di negara *high income* seperti Jepang dan Korea Selatan, hubungan ini cenderung negatif setelah mencapai *turning point*, berkat adopsi teknologi ramah lingkungan dan kebijakan efisiensi energi, selain itu, penelitian Nikensari (2019) juga menunjukkan hubungan negatif dan signifikan pada negara berpendapatan tinggi, keberhasilan negara berpendapatan tinggi khususnya Jepang dalam menurunkan pengaruh terhadap emisi CO₂ dengan mengintegrasikan teknologi bersih serta kebijakan lingkungan yang ketat.

Sementara itu, (Rafif et al., 2024) mengungkapkan bahwa di negara-negara ASEAN, pertumbuhan ekonomi berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan emisi karbon sebelum mencapai titik *turning point*, menyoroti pentingnya kebijakan transisi energi dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Adrian (2024) mendukung temuan tersebut, di mana GDP per kapita ditemukan meningkatkan emisi karbon di empat negara ASEAN seperti Malaysia, Thailand, Indonesia, Vietnam. Penelitian ini menegaskan bahwa pola hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon sangat bergantung pada tingkat pembangunan ekonomi suatu negara dan kesiapan teknologinya.

2.2.2 Hubungan Industrialisasi dengan Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Industrialisasi mencerminkan kontribusi sektor manufaktur dan produksi terhadap perekonomian suatu negara. Sektor ini sering kali dianggap sebagai pendorong utama pertumbuhan ekonomi, namun juga menjadi salah satu sumber utama emisi karbon dioksida (CO₂). Studi yang dilakukan Ben Jebli (2020) menunjukkan bahwa pada negara-negara *high income*, memiliki hubungan positif namun tidak signifikan, seperti Singapura tidak terdapat hubungan yang signifikan antara industrialisasi dan emisi karbon dioksida. Hal ini disebabkan oleh keberhasilan negara tersebut menekan dampak lingkungan dari aktivitas industrinya melalui penerapan teknologi produksi bersih dan regulasi yang efektif.

Di sisi lain, studi oleh Lin (2015) menemukan bahwa di Nigeria, nilai tambah sektor industri memiliki hubungan terbalik dengan emisi CO₂, mengindikasikan bahwa industrialisasi yang terkelola dengan baik dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan. Penelitian lain di China juga menunjukkan bahwa pergeseran struktur industri ke arah teknologi tinggi dapat mengurangi emisi karbon meskipun nilai tambah sektor industri meningkat. Dengan demikian, meskipun sektor industri sering kali dianggap sebagai kontributor utama emisi karbon, implementasi kebijakan dan teknologi yang mendukung efisiensi energi dapat mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan.

2.2.3 Hubungan Konsumsi Energi dengan Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Sektor energi memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung aktivitas ekonomi, termasuk industri, rumah tangga, dan transportasi. Penelitian oleh J. Zhang (2020) mengungkapkan bahwa konsumsi energi, terutama yang berbasis fosil, memegang peranan penting dalam meningkatnya emisi karbon dioksida di negara-negara *upper Middle Income*. Peningkatan konsumsi energi seringkali sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, namun tanpa pengelolaan yang bijaksana, konsumsi energi yang lebih tinggi justru memperburuk kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan transisi ke energi yang lebih bersih untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung keberlanjutan ekonomi.

Meskipun demikian, dalam penelitian Rifki Khoirudin (2024) pada negara-negara ASEAN ditemukan bahwa variabel konsumsi energi memiliki pengaruh negatif signifikan terhadap emisi karbon dioksida di ASEAN. Negara-negara *upper middle income* seperti Malaysia dan Thailand menunjukkan kecenderungan hubungan negatif yang signifikan antara konsumsi energi dan emisi karbon dioksida, yang dapat dijelaskan melalui kebijakan transisi energi yang mulai dijalankan secara bertahap.

2.3 Penelitian terdahulu

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Alat Analisis	Hasil Penelitian
1	(Nikensari et al., 2019)	Studi <i>Environmental Kuznets Curve</i> di Asia: Sebelum dan Setelah Millennium Development Goals	-Emisi CO2 -GDP -Konsumsi Energi Alat analisis: Regresi Data Panel	Hasil penelitian ini menunjukkan hipotesis EKC belum terbukti, untuk negara <i>High income</i> namun dapat terjadi ketika GDP per kapita mencapai USD 51.44 ribu, sebelum MDGs, GDP, konsumsi energi dan populasi meningkatkan emisi CO2, sedangkan setelah MDGs, GDP per kapita menurunkan emisi, dan untuk hipotesis EKC belum berlaku, untuk negara berpendapatan menengah rendah. Sebelum dan sesudah MDGs emisi co2 tetap tinggi.
2.	(M Demaz Ardiana, 2024)	Analisis <i>Environmental Kuznets Curve</i> di Negara Middle-Lower Income ASEAN Tahun 2000–2020	- Emisi CO ₂ per kapita - GDP per kapita - GDP per kapita kuadrat -Indeks Globalisasi	Hasil menunjukkan bahwa GDP per kapita berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO ₂ , sedangkan GDP per kapita kuadrat berpengaruh negatif

No	Penulis	Judul	Alat Analisis	Hasil Penelitian
			Ekonomi (KOF) - Konsumsi listrik dari bahan bakar fosil per kapita Alat Analisis: Fixed Effect Model (FEM)	signifikan. EKC terbukti dengan turning point. Globalisasi dan konsumsi energi fosil juga berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO ₂ .
3	(Bakhri, 2020)	Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Globalisasi dan Emisi CO ₂ : Studi Kasus ASEAN-5	-Emisi CO ₂ -Industrialisasi, -PDB -Konsumsi Energi Populasi Urban Alat analisis: Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS), Panel Regression (1991–2017)	Industrialisasi memiliki pengaruh positif signifikan terhadap emisi CO ₂ dalam jangka panjang. Penelitian ini menunjukkan pentingnya strategi pembangunan industri untuk mengurangi emisi berdasarkan tingkat pertumbuhan ekonomi.
4	(Rafif et al., 2024)	Determinan Emisi CO ₂ pada Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022	- Emisi CO ₂ , -PDB per Kapita -Jumlah Penduduk -Transisi Energi (ETI), -Investasi Asing Langsung (FDI) -Keterbukaan Perdagangan Alat Analisis: Regresi Linear Berganda (Panel Data)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hipotesis <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC) dikonfirmasi. PDB per kapita dapat meningkatkan atau menurunkan emisi tergantung tahap EKC. Transisi energi tidak signifikan dalam mengurangi emisi. Populasi, FDI, dan keterbukaan perdagangan meningkatkan emisi.
5	(Muço et al., 2021)	The Relationships between GDP growth, Energy Consumption,	-GDP -Konsumsi energi per kapita -Energi	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa energi terbarukan mengurangi emisi CO ₂ dan mendukung

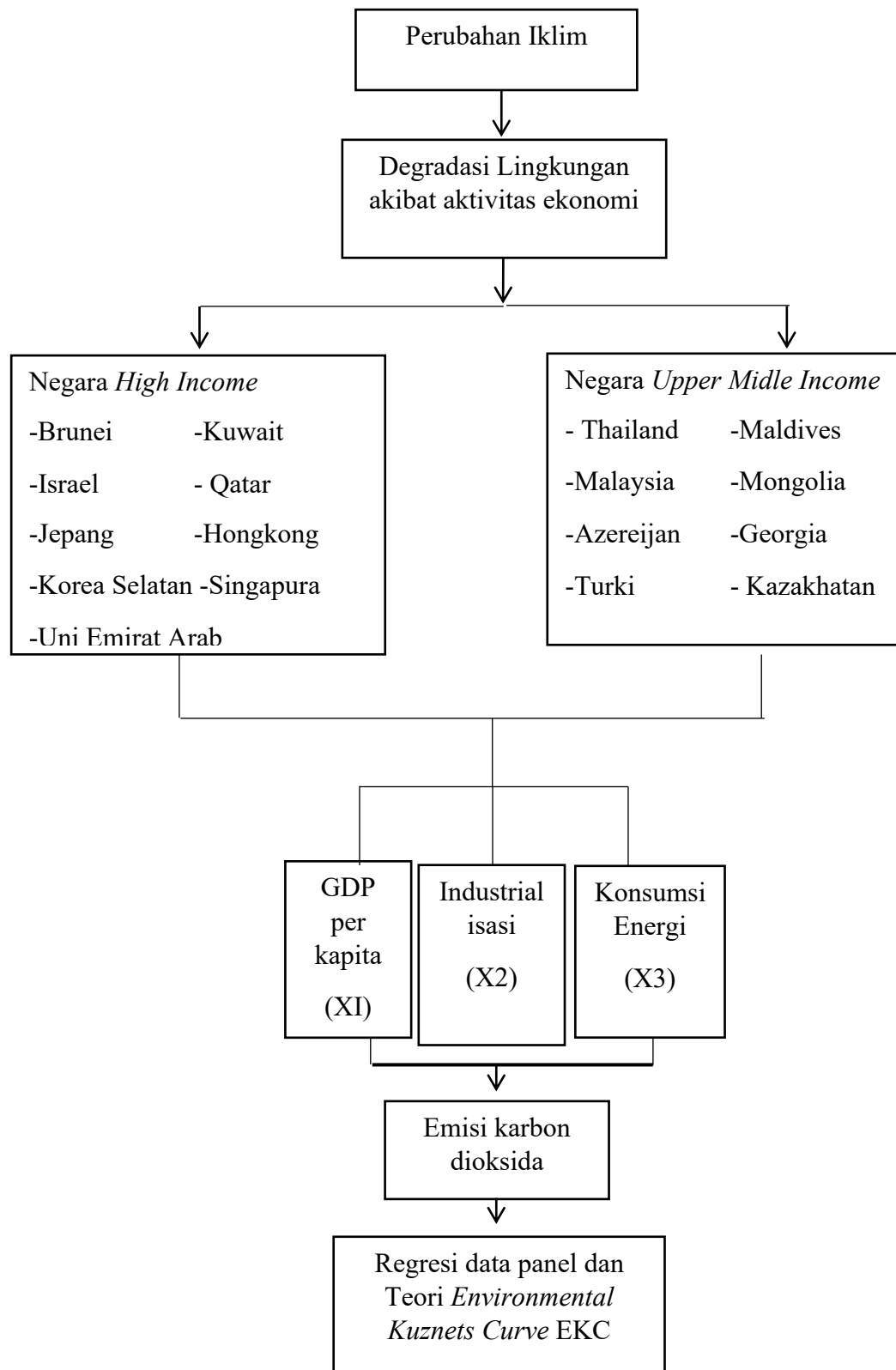
No	Penulis	Judul	Alat Analisis	Hasil Penelitian
		Renewable Energy Production and CO ₂ Emissions in European Transition Economies	Terbarukan -Emisi CO ₂ per kapita Alat analisis: -Generalized Method of Moments (GMM)	pertumbuhan PDB di negara-negara transisi Eropa.
6	(Ben Jebli et al., 2020)	<i>Renewable Energy, CO₂ Emissions and Value Added: Empirical Evidence from Countries with Different Income Levels</i>	-CO ₂ , -renewable energy, - non-renewable energy, -value added, -trade openness model panel ARDL (Autoregressive Distributed Lag)	Energi terbarukan menurunkan emisi CO ₂ di negara berpendapatan rendah dan menengah, sementara <i>value added</i> sektor industri cenderung meningkatkan emisi di semua kelompok negara.
7	(Zafar et al., 2020)	Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Globalisasi dan Emisi CO ₂ : Studi Kasus ASEAN-5 Environmental Pollution in Asian Economies: Does the Industrialisation Matter?	-Emisi CO ₂ -Industrialisasi, -PDB -Konsumsi Energi Populasi Urban Alat analisis: Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS), Panel Regression (1991–2017)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi energi non-terbarukan memberikan dampak asimetris terhadap pertumbuhan ekonomi dan Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).
8	(Awodumi & Adewuyi, 2020)	The Role of Non-Renewable Energy Consumption in Economic Growth and Carbon Emission	Konsumsi Energi - Pertumbuhan Ekonomi -Globalisasi - Emis CO ₂ Alat Analisis: Regresi Data	Konsumsi energi dan globalisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO ₂ . Pertumbuhan ekonomi berpengaruh negatif tetapi tidak signifikan terhadap

No	Penulis	Judul	Alat Analisis	Hasil Penelitian
			Panel	emisi CO2.
9	(Pratama, 2022)	Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO2 di Indonesia	-Emisi CO2 -Intensitas Karbon, Intensitas Energi GDP -Nilai Tambah Industri Alat analisis: Vector Error Correction Model (VECM)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif signifikan antara intensitas karbon, intensitas energi, dan PDB terhadap emisi CO2 dalam jangka panjang. Nilai tambah industri menunjukkan pengaruh negatif signifikan terhadap emisi CO2 dalam jangka panjang. Tidak ada pengaruh signifikan dalam jangka pendek.
10	(Nadeak & Nasrudin, 2023)	Pengaruh PDB Per Kapita dan Konsumsi Energi terhadap Emisi GRK di Indonesia	-PDB Per Kapita, -Konsumsi Energi Terbarukan -Konsumsi Energi Tak Terbarukan - Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Alat analisis: ECM, ARDL	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsumsi energi terbarukan menurunkan emisi GRK, sementara energi tak terbarukan meningkatkan emisi CO2. Hipotesis EKC berlaku di Indonesia.

2.4 Kerangka Pemikiran

Emisi karbon dioksida CO₂ merupakan penyumbang utama pemanasan global dan perubahan iklim (IPCC, 2021). Emisi karbon dioksida sendiri dipengaruhi oleh tingginya aktivitas ekonomi seperti GDP per kapita, tingkat industrialisasi dan konsumsi energi. Ketiganya saling berkaitan dalam aktivitas ekonomi dan penggunaan sumber daya energi sebagian besar masih bergantung pada energi tidak terbarukan. Secara teoritis hubungan pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan dijelaskan oleh teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang menyatakan bahwa emisi akan meningkat pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, namun setelah melewati titik balik (*turning point*), emisi akan menurun seiring dengan efisiensi teknologi, transisi energi bersih dan pergeseran sektor ekonomi rendah karbon.

Penelitian ini bertujuan menguji apakah hipotesis EKC berlaku di Asia khususnya pada negara *High Income* dan *upper middle income*. Pada pengujian ini dilakukan dengan menganalisis pengaruh GDP per kapita, industrialisasi dan konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida menggunakan pendekatan data panel. Berfokus pada dua kelompok pendapatan negara karena keduanya berada pada tahap pembangunnn ekonomi yang berbeda (Zafar et al., 2020). Dengan demikian, kerangka pemikiran ini dibaangun untuk memahami bagaimana dinamika ekonomi memperngaruhi emisi karbon dioksida dan sejauh mana pola hubungan tersebut mendukung berlakunya hipotesis EKC.



Gambar 7. Kerangka pemikiran

2.5 Hipotesis

1. Teori EKC berlaku pada negara-negara *high income* dan *upper middle income*.
2. Diduga GDP per kapita berpengaruh negatif signifikan pada negara-negara *High Income* dan berpengaruh positif signifikan pada negara *upper middle income* terhadap emisi karbon dioksida di Asia
3. Diduga industrialisasi berpengaruh negatif signifikan pada negara-negara *High Income* dan berpengaruh positif signifikan pada negara *upper middle income* terhadap emisi karbon dioksida di Asia
4. Diduga konsumsi energi berpengaruh negatif signifikan pada negara-negara *High Income* dan berpengaruh positif signifikan pada negara *upper middle income* terhadap emisi karbon dioksida di Asia

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan variabel emisi karbon dioksida (CO_2) di Asia sebagai variabel terikat (Y) dan GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi, sebagai variabel bebas (X).

Berdasarkan klasifikasi GNI per kapita menurut *World Bank*, klasifikasi pendapatan negara dibagi menjadi empat yaitu mulai dari *Low Income Countries*, *Lower Middle Income*, *Upper middle income* dan yang tertinggi negara *High Income*. Klasifikasi ini membantu organisasi internasional dan pemerintah merancang kebijakan yang tepat sasaran sesuai tahap pembangunan ekonomi negara. Pada awalnya peneliti menggunakan 13 negara *High income* dan 12 negara *Upper middle income* dimana tersisa 8 negara yang tidak digunakan dalam penelitian. Hal ini dikarenakan 8 negara Makau, Taiwan, Arab Saudi, Oman, China, Iran, Irak, Lebanon, Turkmenistan, Memiliki keterbatasan data serta negara-negara tersebut tidak stabil dalam klasifikasi negara *high income* dan *upper middle income* dari 2011-2022 pada klasifikasi pendapatan tersebut.

Maka, pada penelitian ini peneliti akan melihat pengaruh pada 17 negara yang terdiri dari 9 negara *High income* dan 8 negara *Upper middle income* di Asia secara terpisah meliputi Brunei, Israel, Jepang, Korea Selatan, Kuwait, Qatar, Uni Emirat Arab, Hongkong, Singapura dan untuk *Upper middle income* meliputi Malaysia, Thailand, Azerbaijan, Turki, Maldives, Mongolia, Kazakhatan, dan Georgia.

Fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan pengaruh GDP perkapita, industrialisasi, konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida (CO_2) di Asia pada negara *High income* dan *Upper Middle Income*.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan data numerik untuk menguji hipotesis dan menjawab pertanyaan penelitian secara objektif. Data yang penelitian ini gunakan ialah berjenis sekunder dalam bentuk panel merupakan penggabungan antara dua data runtun waktu (*Time Series*) serta data silang (*Cross Section*). Data time series yang digunakan ialah selama 12 tahun sejak Tahun 2011 hingga tahun 2022. Sedangkan penggunaan *Cross Section* meliputi 17 negara *High income* dan *Upper Middle Income*. Kemudian data sekunder tersebut diperoleh melalui publikasi yang sudah ada diantaranya ialah *World Bank* dan *Our World In Data*.

Tabel 2. Data Penelitian

VARIABEL	Simbol	SATUAN	SUMBER DATA
Emisi Karbon Dioksida (CO2)	CO2	Million Ton	<i>Our World in Data</i>
Gross Domestic Product per kapita	GDPC	USD	<i>World Bank</i>
Konsumsi Energi	KE	TwH	<i>Our World in Data</i>
Industrialisasi	IND	Persen (%)	<i>World Bank</i>

3.3 Definisi Operasional Variabel

Definisi dari setiap variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Emisi karbon dioksida dalam penelitian ini mencakup jumlah emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh aktivitas ekonomi di suatu negara. Satuan yang digunakan adalah juta ton.
2. *Gross Domestic Product (GDP)* per kapita dalam penelitian ini merujuk pada nilai GDP yang dihitung berdasarkan harga konstan Tahun 2015, dengan satuan yang dinyatakan dalam (USD).
3. Industrialisasi

Dalam penelitian ini menggunakan data Pertumbuhan nilai tambah industri mengukur perubahan persentase dalam kontribusi sektor industri terhadap perekonomian dari satu tahun ke tahun berikutnya (*World Bank*). Dalam penelitian ini, nilai tambah industri mencakup sektor pertambangan, manufaktur, konstruksi, serta penyediaan listrik, air, dan gas. Variabel ini diukur dalam satuan persentase, dan data yang digunakan diperoleh dari *World Bank*. Nilai tambah industri sendiri adalah selisih antara total nilai produksi sektor industri dengan biaya yang dikeluarkan untuk bahan baku, bahan penunjang, dan jasa yang digunakan dalam proses produksi (*World Bank*).

4. Konsumsi Energi

Konsumsi energi adalah penggunaan energi yang merujuk pada energi primer, sebelum ditransformasikan menjadi bentuk energi yang digunakan untuk tujuan akhir seperti listrik atau bahan bakar bensin untuk transportasi. Penggunaan data konsumsi energi pada penelitian ini ialah konsumsi energi diukur satuan *Tera Watt hour* (TWh). Berdasarkan penjelasan dari Stein (2022), Twh adalah satuan energi yang setara dengan 1 triliun watt-jam, yang menunjukkan jumlah daya yang dihasilkan oleh satu generator terawatt yang beroperasi selama satu jam.

Definisi variabel yang digunakan untuk pengujian hipotesis EKC dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Emisi karbon dioksida dalam penelitian ini mencakup jumlah emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh aktivitas ekonomi di suatu negara. Satuan yang digunakan adalah juta ton.
2. *Gross Domestic Product (GDP)* per kapita dalam penelitian ini merujuk pada nilai GDP yang dihitung berdasarkan harga konstan Tahun 2015, dengan satuan yang dinyatakan dalam (USD).
3. *GDP Per Kapita Kuadrat (GDPC²)* diperoleh dari nilai pangkat dua atau kuadrat dari angka GDP per kapita. Variabel ini digunakan untuk membuktikan keberadaan dari teori *Environmental Kuznets Curve (EKC)*.

3.4 Metode Analisis Data

Penulis menggunakan data panel (*panel pooled data*) dalam penelitian ini, yakni kombinasi antara data silang (*cross section*) dan data runtun waktu (*time series*). Penggunaan data panel terdapat beberapa keunggulan. Data panel merupakan gabungan dari data *cross-section* dan data *time series*, sehingga kombinasi ini menghasilkan jumlah data yang lebih banyak dan meningkatkan *degree of freedom* dalam analisis. Integrasi informasi dari kedua jenis data ini memungkinkan untuk mengatasi permasalahan yang muncul akibat penghilangan variabel (*omittedvariable*), sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat.

3.5 Metode Estimasi

3.5.1 Model Penelitian Untuk Menguji *Hipotesis Environmental Kuznets Curve* (EKC)

Penelitian ini mengestimasi hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) seperti yang diterapkan oleh Grossman and Krueger (1995). Model umum hipotesis Kuznets menunjukkan hubungan antara perekonomian dan kerusakan lingkungan:

$$\ln(\text{CO2}_{it}) = \beta_1 \ln \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \ln \text{GDPC}_{it}^2 + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

CO2_{it} = Emisi Karbon Dioksida

GDPC_{it} = *Gross Domestic Product* Per Kapita

GDPC_{it}^2 = *Gross Domestic Product* Per Kapita

Kuadrat

β_0 = Konstanta

$\beta_{1,2}$ = Koefisien

ε_{it} = Error Term

\ln = Logaritma natural

i = Negara

t = Tahun

Dalam pengujian untuk mengevaluasi relevansi hipotesis *Environmental Kuznets*

Curve, hal tersebut dapat diketahui dari pola hubungan yang terbentuk apabila $\beta_1 > 0$ dan $\beta_2 < 0$ (Muhammad Fajar & Hariyanto, 2021). Pada penelitian ini, β_1 merujuk pada variabel GDP, sementara β_2 adalah GDP kuadrat. Jika kondisi ini terpenuhi, maka kurva yang terbentuk akan sesuai dengan hipotesis EKC, yaitu berbentuk U terbalik. Jika pengujian relevansi EKC menunjukkan hasil yang signifikan, maka akan ditemukan titik balik (*turning point*) pada kurva tersebut, yang menandakan bahwa peningkatan GDP per kapita mulai mengurangi kerusakan lingkungan, yang dalam penelitian ini diwakili oleh tingkat emisi karbon dioksida. Sesuai dengan penjelasan Nikensari (2019) rumus untuk menghitung nilai *turning point* adalah $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$.

3.5.2 Model Penelitian Untuk Menguji Pengaruh Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi CO₂

Ketidakseimbangan skala data sering kali menjadi tantangan dalam penelitian, terutama ketika variabel yang digunakan, seperti, emisi karbon dioksida (CO₂) di dan GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi, memiliki rentang nilai yang sangat besar atau tidak sebanding (*skewed*). Menurut Teorema Transformasi Tukey (1977) menunjukkan bahwa berbagai transformasi, termasuk logaritma, membantu memperbaiki normalitas, homogenitas varians, dan linearitas. Transformasi logaritma membantu memperkecil skala variabel GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) sehingga distribusi data menjadi lebih mendekati normal. Adapun model regresi data panel terkait analisis tinjauan komprehensif pada negara *High income* dan *Upper middle income* yang sebelumnya adalah:

$$CO2_{it} = \beta_1 GDPC_{it} + \beta_2 KET_{it} + \beta_3 PNTI_{it} + \varepsilon_{it}$$

Dalam penelitian ini, digunakan model regresi data panel untuk menganalisis pengaruh produk domestik bruto per kapita (GDPC), konsumsi energi tak terbarukan (KE), dan pertumbuhan industrialisasi (IND) terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) di kawasan Asia. Model yang digunakan merupakan model semi-log atau log-lin, di mana transformasi logaritma hanya dilakukan pada variabel dependen, yaitu emisi karbon di oksida. Menurut Gujarati & Porter (2004), model

semi-log memiliki interpretasi koefisien yang berbeda dari model regresi linier biasa. Dalam model log-lin, perubahan 1 satuan pada variabel independen akan menghasilkan perubahan dalam persentase pada variabel dependen yang telah ditransformasikan dalam logaritman, dengan asumsi variabel lain tetap (*ceteris paribus*). Hal ini memberikan keuntungan interpretasi yang lebih bermakna, khususnya ketika variabel dependen memiliki distribusi data yang sangat lebar dan tidak normal, seperti halnya emisi CO₂ antar negara yang memiliki rentang nilai besar dan distribusi *skewed*.

Spesifikasi model yang diadopsi dalam model penelitian ini memodifikasi model penelitian yang digunakan (Rahmawati, 2023).

Persamaan 1 Negara *High income*

$$\text{LOG}(\text{CO2}_{it}) = \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{KET}_{it} + \beta_3 \text{IND}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Persamaan 2 Negara *Upper Middle Income*

$$\text{LOG}(\text{CO2}_{it}) = \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{KET}_{it} + \beta_3 \text{IND}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

CO ₂ _{it}	= Emisi Karbon Dioksida
GDPC _{it}	= <i>Gross Domestic Product</i> Per Kapita
KE _{it}	= Konsumsi Energi
IND _{it}	= Industrialisasi
β ₀	= Konstanta
β _{1,2,3}	= Koefisien Regresi
ε _{it}	= Error Term
Log	= Logaritma
i	= Negara
t	= Tahun 2011-2022

Hubungan antara variabel independen yaitu GDP per kapita (X1), pertumbuhan industrialisasi (X2), konsumsi energi (X3) terhadap variabel dependen (Y) emisi

karbon dioksida (CO_2) akan dianalisa menggunakan regresi berganda menggunakan *software* Eviews.

3.6 Prosedur Analisis

a. Analisis Statistik Deskriptif

Untuk memahami karakteristik yang lebih mendalam dari setiap variabel yang digunakan dalam penelitian, dilakukan analisis statistik deskriptif. Melalui tabel statistik deskriptif, disajikan hasil pengukuran yang mencakup nilai rata-rata, minimum, dan maksimum dari semua variabel yang terlibat dalam penelitian. Hasil ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai data yang digunakan.

b. Estimasi Regresi Data Panel

Pendekatan utama yang dapat digunakan untuk melakukan estimasi model regresi dengan data panel terdiri dari tiga metode utama:

a. Common Effect Model (CEM)

Common Effect Model (CEM) adalah metode estimasi yang menggabungkan seluruh data *time series* dan *cross-sectional* tanpa mempertimbangkan dimensi waktu atau perbedaan individu. Model ini mengasumsikan bahwa perilaku data setiap unit observasi konsisten sepanjang waktu, sehingga pendekatan ini merupakan salah satu metode paling sederhana dalam analisis data panel. Estimasi parameter dalam model ini dilakukan menggunakan metode *Ordinary Least Squares (OLS)*, yang merupakan teknik populer dalam pendugaan regresi linier.

b. Fixed Effect Model (FEM)

Fixed Effect Model adalah metode estimasi data panel yang menggunakan variabel dummy untuk menangkap perbedaan intersep antar individu, dengan asumsi bahwa intersep bervariasi antara individu tetapi tetap konstan sepanjang waktu (*time-invariant*). Model ini juga mengasumsikan bahwa koefisien regresi (*slope*) bersifat tetap di seluruh individu dan waktu. Teknik ini dikenal dengan istilah *Least Squares Dummy Variable*

(*LSDV*) atau *Covariance Model*, di mana perbedaan antar individu dijelaskan melalui variasi pada variabel yang teramati. Dengan menggunakan variabel dummy, pendekatan ini dapat mengidentifikasi pengaruh spesifik individu tanpa mengubah kemiringan regresi, sehingga efektif untuk menganalisis data panel yang mencakup perbedaan karakteristik antar unit observasi.

c. ***Random Effect Model (REM)***

Random Effect Model (REM) adalah metode estimasi data panel yang memasukkan perbedaan karakteristik individu dan waktu melalui komponen error, berbeda dengan *Fixed Effect Model* yang menangkap perbedaan tersebut pada intersep. Dalam REM, error terdiri dari dua komponen, yaitu error individu dan error waktu, yang bersama-sama membentuk error gabungan, dengan mempertimbangkan kemungkinan korelasi antar waktu (*time series*) maupun antar individu (*cross-section*). Model ini juga mampu menangani heteroskedastisitas dan sering disebut sebagai *Error Component Model (ECM)* atau menggunakan teknik *Generalized Least Squares (GLS)* untuk estimasi parameter, menjadikannya pendekatan yang efisien dalam menganalisis data panel dengan karakteristik yang kompleks.

C. Pemilihan Teknis Estimasi Regresi Data Panel

Terdapat beberapa jenis pengujian yang dapat dilakukan untuk menentukan teknik estimasi yang tepat dalam regresi data panel.

a. Uji Chow

Uji Chow digunakan untuk memilih model regresi data panel, yaitu antara *Fixed Effect Model (FEM)* dan *Common Effect Model (CEM)*. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : Menerima model *Common Effect*, jika nilai Uji Chow $< F$ -tabel

H_a : Menerima model *Fixed Effect* jika nilai Uji Chow $> F$ -tabel

Jika nilai *p-value* yang diperoleh lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak, sehingga model *Fixed Effect* dipilih. Sebaliknya, jika *p-value* lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima, dan model *Common Effect* dianggap lebih tepat. Uji ini memberikan dasar yang objektif untuk memilih model terbaik berdasarkan karakteristik data.

b. Uji Hausman

Uji Hausman digunakan untuk menentukan model yang lebih tepat antara *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM) dalam analisis data panel. Uji ini mengevaluasi apakah terdapat hubungan antara galat komposit dengan variabel independen dalam model. Hipotesis pengujiannya adalah sebagai berikut:

H_0 : Memilih model *Random Effect*, jika nilai Uji Hausman $<$ nilai *chi square*

H_a : Memilih Model *Fixed Effect*, jika nilai Uji Hausman $>$ nilai *chi square*

Jika nilai *p-value* yang diperoleh lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak, sehingga model *Fixed Effect* dipilih. Sebaliknya, jika *p-value* lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima, dan model *Common Effect* dianggap lebih tepat. Uji ini memberikan dasar yang objektif untuk memilih model terbaik berdasarkan karakteristik data.

c. Uji Lagrange Multiplier (LM)

Uji Lagrange Multiplier (LM), yang juga dikenal sebagai uji Breusch-Pagan, digunakan untuk menentukan apakah *Random Effect Model* (REM) lebih sesuai dibandingkan dengan *Common Effect Model* (CEM) dalam analisis data panel. Uji ini didasarkan pada nilai residual yang dihasilkan oleh metode *Ordinary Least Squares* (OLS) dan bertujuan untuk mengevaluasi signifikansi efek acak dalam model. Hipotesis yang diuji adalah:

H_0 : Memilih *Random Effect* jika nilai $LM > chi\ square$

H_a : Memilih *Common Effect* jika nilai $LM < chi\ square$

Jika nilai probabilitas uji Breusch-Pagan lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak, menunjukkan bahwa REM lebih tepat. Sebaliknya, jika nilai probabilitas lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima, sehingga CEM dianggap sebagai model yang lebih sesuai. Uji ini membantu memastikan pemilihan model berdasarkan karakteristik data secara akurat.

d. Uji Asumsi Klasik

Pengujian asumsi klasik dilakukan untuk memastikan bahwa model regresi yang dihasilkan adalah tepat, tidak bias, dan konsisten sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang akurat. Model regresi linier menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS), yang dirancang untuk meminimalkan perbedaan antara hasil regresi dengan kondisi nyata. Namun, agar hasil estimasi dapat diandalkan, model OLS harus memenuhi sejumlah asumsi klasik, yaitu:

a. Uji Normalitas

Dalam menguji signifikansi antara pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat melalui uji t hanya akan valid apabila residual terdistribusi normal. Uji normalitas dapat dilakukan menggunakan metode histogram residual yakni sebuah metode grafis paling mudah digunakan untuk mendeteksi apakah bentuk *Probability Distribution Function* (PDF) dari variabel random terdistribusi normal atau tidak. Bentuk grafik terdistribusi normal akan membentuk lonceng seperti distribusi t sebelumnya. Apabila histogram residual semacam grafik terdistribusi normal maka dapat dikatakan bahwa residual terdistribusi normal.

b. Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk mengevaluasi apakah terdapat korelasi tinggi atau sempurna antara variabel independen dalam model regresi. Jika terjadi multikolinearitas sempurna di antara variabel

independen, maka koefisien regresi tidak dapat ditentukan, dan standar error menjadi tak terhingga. Namun, jika tingkat multikolinearitas tinggi tetapi tidak sempurna, koefisien regresi masih dapat ditentukan, tetapi nilai standar error yang besar menunjukkan bahwa estimasi koefisien regresi kurang akurat. Model regresi dinyatakan mengalami multikolinearitas jika nilai matriks korelasi (*correlation matrix*) lebih besar dari 0,85. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat multikolinearitas (*correlation matrix* < 0,85)

H_a : Terdapat multikolinearitas (*correlation matrix* > 0,85)

e. Pengujian Hipotesis

Penulis menggunakan uji hipotesis untuk mengukur dan menganalisis pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen, penelitian ini membandingkan negara *high income* dan *upper middle income* di Asia dengan tujuan memahami hubungan antar variabel serta perbedaan yang mungkin terjadi antara kedua klasifikasi pendapatan negara tersebut. Terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan saat menguji hipotesis antar lain:

a. Uji t (Uji Parsial)

Uji t-statistik digunakan untuk menganalisis hubungan atau pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial. Pengujian ini membandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) untuk menentukan signifikansi pengaruh masing-masing variabel. Uji ini menentukan apakah setiap variabel independen memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen baik di pada negara *High Income* dan *upper middle income* di Asia.

Adapun hipotesis uji ini sebagai berikut:

1. Negara *High Income* di Asia

a. GDP per kapita (GDPC)

$H_{01} : \beta_1 \geq 0$ GDPC tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a1} : \beta_1 < 0$ GDPC berpengaruh negatif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

b. Industrialisasi (IND)

$H_{02}: \beta_2 \geq 0$ IND tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a2}: \beta_2 < 0$ IND berpengaruh negatif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

c. Konsumsi Energi (KE)

$H_{03}: \beta_3 \geq 0$ KE tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a3}: \beta_3 < 0$ KE berpengaruh negatif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

2. Negara *upper middle income* di Asia

a. GDP per kapita (GDPC)

$H_{01}: \beta_1 \leq 0$ GDPC tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a1}: \beta_1 > 0$ GDPC berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

b. Industrialisasi (IND)

$H_{02}: \beta_2 \leq 0$ IND tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a2}: \beta_2 > 0$ IND berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

c. Konsumsi Energi (KE)

$H_{03}: \beta_3 \leq 0$ KE tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dioksida

$H_{a3}: \beta_3 > 0$ KE berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon dioksida

Dalam penelitian ini jika nilai p- value dari uji t lebih kecil dari tingkat signifikansi sebesar 5 persen (0.05) dengan derajat kebebasan ($df=n-K$), maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal tersebut menunjukkan variabel independen secara signifikan mempengaruhi emisi karbon dioksida .

Maka, apabila nilai p- value lebih besar dari 0,05 maka hipotesis nol diterima, yang menunjukkan bahwa variabel independen tidak memiliki pengaruh signifikan

b. Uji F (Uji Serentak)

Uji F-statistik digunakan untuk mengukur pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen (Widarjono, 2018). Adapun hipotesis penelitian berikut:

1. $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, artinya variabel GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi secara simultan tidak berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income*, serta tidak terdapat perbedaan signifikan dalam pengaruhnya antara kedua klasifikasi negara.
2. $H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$, artinya variabel GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di negara *high income* dan *upper middle income*, serta adanya perbedaan signifikan dalam pengaruhnya antara kedua klasifikasi negara.

Dalam penelitian ini menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5 persen (0.05) dengan derajat kebebasan ($df=n-K$). Maka, apabila nilai $F_{hitung} < \text{nilai } F_{tabel}$ maka H_0 diterima begitupun sebaliknya.

c. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi merupakan proporsi dari total variasi variabel terikat Y yang dijelaskan oleh garis regresi (variabel bebas, X). Apabila nilai koefisien determinasi mendekati satu maka garis regresi semakin baik karena mampu menjelaskan data aktual. Sementara, apabila nilai koefisien determinasi mendekati nol maka garis regresi kurang baik. Terdapat alasan mengapa koefisien determinasi yang rendah antara yaitu mungkin variabel bebas (X) bukan variabel yang menjelaskan dengan baik terhadap variabel terikat (Y).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan salah satu metode dalam ilmu statistika yang digunakan untuk mengumpulkan dan menyajikan data dalam bentuk deskripsi agar dapat memberikan gambaran informasi secara menyeluruh. Dalam penelitian ini, metode statistik deskriptif dimanfaatkan untuk menganalisis variabel-variabel penelitian, yaitu emisi karbon dioksida, produk domestik bruto perkapita, pertumbuhan industrialisasi, dan konsumsi energi, penelitian ini mencakup 204 Observasi yang terdiri dari data pada 9 negara *high income* di Asia dengan 8 negara menengah keatas di Asia selama periode tahun 2011-2022. Analisis statistik deskriptif menghasilkan informasi seperti nilai rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), nilai maksimum, nilai minimum, serta standar deviasi. Seluruh pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Eviews*. Berikut disajikan hasil analisis statistik deskriptif berdasarkan data penelitian ini.

Tabel 3. Hasil Analisis Statistik Deskriptif Negara *High income* di Asia

	CO2	GDPC	IND	KE
Mean	2.64E+08	41545.64	1.987677	1380.262
Median	89572565	37389.59	2.383087	550.3627
Maximum	1.32E+09	80621.86	15.54474	5983.799
Minimum	6933290.	25541.51	-11.20518	39.39745
Std. Dev.	3.73E+08	13231.50	4.260656	1713.433
Skewness	1.700070	1.091660	0.340891	1.496990
Kurtosis	4.530973	3.283542	4.612253	3.806517
Jarque-Bera	62.57176	21.81278	13.78884	43.26472
Probability	0.000000	0.000018	0.001013	0.000000

Sumber: *Eviews*, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 3. uraian hasil statistic deskript setiap variabel sebagai berikut:

1. Emisi Karbon Dioksida

Dalam penelitian ini, variabel terikat yang dianalisis adalah emisi karbon dioksida di negara *high income* Asia. Hasil Analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata (mean) sebesar dari CO₂ adalah 2,64182429,7 dengan nilai tengah (median) sebesar 89572565. Negara dengan emisi karbon tertinggi mencatat nilai maksimum sebesar 1,315297800, sementara nilai terendah (minimum) tercatat sebesar 6933290. Nilai standar deviasi sebesar 3,73E+08 menunjukkan bahwa rata-rata nilai emisi karbon dioksida lebih besar dibandingkan penyebaran datanya. Hal ini mengindikasikan adanya variasi yang cukup signifikan dalam hal emisi karbon.

2. *Gross Domestic Product* Per kapita

Dalam penelitian ini, variabel independen pertama yang dianalisis adalah Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita (GDPC) (X1). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata GDP perkapita adalah sebesar 41,545 dengan nilai tengah (median) sebesar 37,389 Nilai maksimum tercatat sebesar 80,621 ditemukan di Negara Qatar, sedangkan nilai minimum sebesar 25,541 terdapat di Negara Kuwait, Standar deviasi sebesar 13,231 diketahui bahwa rata-rata lebih besar dibandingkan dengan standar deviasi, yang mengindikasikan bahwa data *Gross Domestic Product* Per kapita memiliki tingkat variasi yang relative kecil.

3. Industrialisasi (IND)

Dalam penelitian ini, variabel independen kedua adalah Industrialisasi (IND). Nilai rata-rata dari IND adalah 1,987677, dengan nilai median sebesar 2,3883087. Nilai maksimum tercatat sebesar 15,54474 yang dimiliki oleh Negara Singapura, sedangkan nilai minimum sebesar -11,20518 terdapat pada Negara Hongkong, Dengan standar deviasi sebesar 4,260656 diketahui bahwa rata-rata lebih besa dibandingkan dengan standar deviasi. Hal ini menunjukan bahwa data terkait industrialisasi memiliki tingkat variasi yang cukup signifikan.

4. Konsumsi Energi (KE)

Dalam penelitian ini, variabel independen ketiga adalah konsumsi energi per kapita (KE). Nilai rata-rata konsumsi energi sebesar 1380,262, dengan nilai median sebesar 550,3627. Nilai maksimum tercatat sebesar 5983,799 terdapat di Negara Japan, dan nilai minimum sebesar 39,39745 di Negara Brunei, yang menunjukkan adanya ketimpangan konsumsi energi antar negara. Standar deviasi sebesar 1713,433, menandakan penyebaran data yang sangat besar. Bahwa sebagian besar negara memiliki tingkat konsumsi energi rendah, sementara beberapa negara memiliki konsumsi energi yang sangat tinggi.

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Deskriptif Negara *Upper Middle Income* di Asia

	CO2	GDPC	IND	KE
Mean	1.58E+08	7605.147	3.742333	658.1105
Median	1.25E+08	6887.315	3.104678	423.0980
Maximum	4.53E+08	14055.10	20.69518	1972.118
Minimum	985616.0	3010.816	-34.08220	4.894298
Std. Dev.	1.46E+08	2960.975	7.326655	637.7194
Skewness	0.298310	0.126987	-0.938945	0.435510
Kurtosis	1.577947	1.593400	9.287089	1.671527
Jarque-Bera	9.512764	8.172105	172.2158	10.09407
Probability	0.008597	0.016805	0.000000	0.006428

Sumber: *Eviews, diolah (2025)*

Berdasarkan Tabel 4. uraian hasil statistik deskriptif setiap variabel sebagai berikut:

1. Emisi Karbon Dioksida

Dalam penelitian ini, variabel terikat yang dianalisis adalah emisi karbon dioksida di negara *upper middle income* Asia. Hasil Analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata (mean) sebesar 1,5844757, dengan nilai tengah (median) sebesar 1,25347957. Negara dengan emisi karbon tertinggi mencatat nilai maksimum sebesar 4,52702800, sementara nilai terendah (minimum) tercatat sebesar 985616. Nilai standar deviasi sebesar 1,46E+08 menunjukkan bahwa rata-rata nilai emisi karbon dioksida lebih besar dibandingkan penyebaran datanya. Hal ini mengindikasikan adanya variasi yang cukup signifikan dalam hal emisi karbon.

2. *Gross Domestic Product* Per kapita

Dalam penelitian ini, variabel independen pertama yang dianalisis adalah *Gross Domestic Product* per kapita (GDPC) (X1). Hasil analisis menunjukkan bahwa

nilai rata-rata GDP perkapita adalah sebesar 7,605 dengan nilai tengah (median) sebesar 6,887. Nilai maksimum tercatat sebesar 14,055 ditemukan di Negara Turki, sedangkan nilai minimum sebesar 3,010 terdapat di Negara Mongolia, Standar deviasi sebesar 2,960 diketahui bahwa rata-rata lebih besar dibandingkan dengan standar deviasi, yang mengindikasikan bahwa data *Gross Domestic Product* Per kapita memiliki tingkat variasi yang relative kecil.

3. Industrialisasi (IND)

Dalam penelitian ini, variabel independen kedua adalah Industrialisasi (IND). Nilai rata-rata dari IND adalah 3,742333, dengan nilai median sebesar 3,104678. Nilai maksimum tercatat sebesar 20,69518 yang dimiliki oleh Negara Maldives, sedangkan nilai minimum sebesar -34,08220 terdapat pada Negara Maldives, Dengan standar deviasi sebesar 7,326655 diketahui bahwa rata-rata lebih besar dibandingkan dengan standar deviasi. Hal ini menunjukkan bahwa data terkait Pertumbuhan industrialisasi memiliki tingkat variasi yang cukup signifikan.

4. Konsumsi Energi (KE)

Dalam penelitian ini, variabel independen ketiga adalah konsumsi energi per kapita (KE). Nilai rata-rata konsumsi energi sebesar 658,1105 dengan nilai median sebesar 423,0980 Nilai maksimum tercatat sebesar 1972,118 terdapat di Negara Turki, dan nilai minimum sebesar 4,894298 di Negara Maldives, yang menunjukkan adanya ketimpangan konsumsi energi antar negara. Standar deviasi sebesar 637,7194, menandakan penyebaran data yang sangat besar. Bahwa sebagian besar negara memiliki tingkat konsumsi energi rendah, sementara beberapa negara memiliki konsumsi energi yang sangat tinggi.

4.2 Pemihan Teknik Estimasi Uji Enivormental Kuznet Curve (EKC)

Estimasi EKC atau *Enivormental Kuznet Curve* di *High Income* dan *upper middle income* di Asia, dilakukan dengan pemilihan model data panel menguji uji Chow dan uji Hausman untuk memilih model mana yang paling tepat di antara model *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Estimasi EKC dilakukan untuk melihat hubungan pendapatan per

kapita dan emisi karbon dioksida di negara-negara *High Income* dan *upper middle income* di Asia.

a. Uji Chow

Uji chow dilakukan untuk menentukan pendekatan terbaik antara metode *Common Effect Model* atau *Fixed Effect Model* dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : *Common Effect Model*

H_a : *Fixed Effect Model*

Jika probabilitas uji lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa model *Fixed Effect* adalah pendekatan yang lebih tepat untuk mengestimasi regresi data panel. Sebaliknya, jika probabilitas uji lebih besar dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_a ditolak, yang berarti model *Common Effect* lebih sesuai digunakan. Berikut adalah hasil dari uji Chow.

Tabel 5. Hasil uji chow EKC *High Income* di Asia

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	3060.472442	(8,97)	0.0000
Cross-section Chi-square	597.780985	8	0.0000

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan hasil uji chow dengan nilai statistic *Chi-square* sebesar 597.7809985 dengan probabilitas sebesar $0,0000 < \alpha 0.05$. Maka, dapat disimpulkan bahwa dalam uji chow H_0 ditolak atau pendekatan terbaik yaitu *Fixed Effect Model* (FEM).

Tabel 6. Hasil uji chow EKC *upper middle income* di Asia

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	2881.933369	(7,86)	0.0000
Cross-section Chi-square	524.355212	7	0.0000

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan hasil uji chow dengan nilai statistic *Chi-square* sebesar 524.355212 dengan probabilitas sebesar $0,0000 < \alpha 0.05$. Maka, dapat disimpulkan bahwa

dalam uji chow H_0 ditolak atau pendekatan terbaik yaitu *Fixed Effect Model* (FEM)

b. Uji Hausman

Uji Hausman merupakan uji untuk menentukan model terbaik dalam analisis regresi data panel, yaitu apakah lebih sesuai menggunakan *Random Effect Model* atau *Fixed Effect Model*, Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : *Random Effect Model*

H_a : *Fixed Effect Model*

Keputusan diambil berdasarkan nilai probabilitas (p-value) dengan taraf signifikan (α) sebesar 0,05. Jika p-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak, sehingga model yang terpilih adalah *Fixed Effect Model*, Sebaliknya jika p-value $> \alpha$, maka H_a diterima, yang berarti *Random Effect Model* lebih sesuai untuk analisis. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian Hausman yang dilakukan.

Tabel 7. Hasil uji hausman EKC *High Income* di Asia

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	0.021186	2	0.9895

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 7, hasil uji hausman menunjukkan nilai statistik *Chi-square* sebesar 0.021186 dengan probabilitas sebesar $0,9895 > 0,05$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima, sehingga model yang paling sesuai untuk digunakan adalah pendekatan *Random Effect Model* (REM).

Tabel 8. Hasil uji hausman EKC *Upper Middle Inome* di Asia

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	1.055798	2	0.5898

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 8, hasil uji hausman menunjukkan nilai statistik *Chi-square* sebesar 1.055798 dengan probabilitas sebesar $0,5898 > 0,05$. Oleh karena itu,

dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima, sehingga model yang paling sesuai untuk digunakan adalah pendekatan *Random Effect Model* (REM).

c. Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk menentukan model terbaik antara *Common Effect Model* (CEM) dan *Random Effect Model* (REM) dalam analisis regresi data panel. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : *Common Effect Model*

H_a : *Random Effect Model*

Keputusan ditentukan berdasarkan nilai probabilitas. Jika probabilitas < tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak, sehingga model yang paling tepat untuk digunakan adalah REM. Sebaliknya, jika probabilitas > tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_a ditolak, yang berarti model terbaik adalah CEM. Berikut ini adalah hasil uji Lagrange Multiplier untuk analisis data panel.

Tabel 9. Hasil uji lagrange multiplier EKC *High Income* di Asia

Null (no rand. effect) Alternative	Cross-section One-sided	Period One-sided	Both
Breusch-Pagan	588.6637 (0.0000)	6.705585 (0.0096)	595.3693 (0.0000)

Sumber: *Eviews, diolah (2025)*

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 9, uji *Lagrange Multiplier* menunjukkan nilai probabilitas Breusch-Pagan sebesar 0.0000, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi $\alpha 0.05$. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) ditolak, sehingga model pendekatan yang paling sesuai untuk digunakan adalah *Random Effect Model* (REM).

Tabel 10. Hasil uji lagrange multiplier EKC *Upper Miiddle Income* di Asia

Null (no rand. effect) Alternative	Cross-section One-sided	Period One-sided	Both
Breusch-Pagan	518.6489 (0.0000)	6.771699 (0.0093)	525.4206 (0.0000)

Sumber: *Eviews, diolah (2025)*

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 10, uji *Lagrange Multiplier* menunjukkan nilai probabilitas Breusch-Pagan sebesar 0.0000, yang lebih kecil dari tingkat signifikansi α 0.05. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) ditolak, sehingga model pendekatan yang paling sesuai untuk digunakan adalah *Random Effect Model* (REM)

Tabel 11. Hasil Estimasi EKC di *High Income* dengan model REM

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2301.220	150.9120	15.24875	0.0000
LN_GDP	0.031867	2.715685	0.011734	0.9907
LN_GDP_SQUARE	-0.230094	1.373307	-0.167547	0.8673

Sumber: Eviews, diolah (2025)

$$\ln \text{CO}_2 = 2301,22004896 + 0,0328668927635 (\ln \text{GDPC}) - 0,230094095471 (\ln \text{GDPC})^2 + \varepsilon_{it}$$

Untuk menguji relevansi dari hipotesis EKC, maka harus melihat pola hubungan yang terjadi, jika $\beta_1 > 0$ dan $\beta_2 < 0$ artinya hipotesis EKC relevan dan kurva yang terbentuk yaitu U terbalik. Dimana β_1 dalam penelitian ini yaitu GDP perkapita dan β_2 adalah GDP^2 . Lalu berdasarkan (Nikensari et al., 2019) rumus untuk menghitung nilai *turning point* adalah $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ Sehingga didapatkan hasil mengenai titik balik atau *turning point* pada negara *High Income* Asia periode 2011-2022 sebagai berikut:

$$\text{Turning point adalah } -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$$

Dengan $\beta_1 = 0,0328668927635$ dan $\beta_2 = -0,230094095471$

$$\text{Turning point} = \frac{-0,0328668927635}{2 \cdot (-0,230094095471)} = \frac{-0,0328668927635}{-0,460188190942} = 0,0714$$

Titik balik atau *turning point* yang dihasilkan adalah pada titik $\ln \text{GDPC}$ 0,0714. Titik tersebut merupakan titik GDPC pada logaritma natural dari bilangan $\ln \text{GDPC}$.

$$e^{\ln \text{GDPC}} = 0,714 \quad (4.1)$$

$$\frac{\ln \text{GDPC}}{\ln e} = 0,714 \quad (4.2)$$

$$\text{Ln GDPC} = 0,714 \ln e \quad (4.3)$$

$$\text{Ln GDPC} = \ln e^{0,714} \quad (4.4)$$

$$\text{GDPC} = e^{0,714} \quad (4.5)$$

$$\text{GDPC} = 2,042 \quad (4.6)$$

Emisi CO₂ di negara *High Income* mencapai tingkat maksimal pada tingkat GDPC sebesar 2,042 USD. Untuk mengetahui apakah titik balik tersebut merupakan titik optimum maksimum atau minimum, maka dicari turunan kedua dari model persamaan regresi tersebut. Turunan keduanya adalah:

$$\frac{d^2 \ln \text{CO}_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = 2\beta_2 \quad (4.7)$$

$$\frac{d^2 \ln \text{CO}_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = 2 \times -0,230094095471 \quad (4.8)$$

$$\frac{d^2 \ln \text{CO}_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = -0,460188190942 \quad (4.9)$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai turunan kedua adalah negatif. Artinya *turning point* yang didapat merupakan titik optimum maksimum.

Tabel 12. Hasil Estimasi EKC di *upper middle income* dengan model REM

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	972.7560	134.0609	7.256076	0.0000
LN_GDP	413.7370	437.9255	0.944766	0.3472
LN_GDP_SQUARE	-160.8867	219.0742	-0.734394	0.4646

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Dari uji REM pada tabel 12 di atas, persamaan yang didapat untuk menguji EKC di Asia Timur adalah :

$$\ln \text{CO}_2 = 972.755985461 + 413.73702008 (\ln \text{GDPC}) - 160.886704173 (\ln \text{GDPC})^2 + \varepsilon_{it}$$

Untuk menguji relevansi dari hipotesis EKC, maka harus melihat pola hubungan yang terjadi, jika $\beta_1 > 0$ dan $\beta_2 < 0$ artinya hipotesis EKC relevan dan kurva yang

terbentuk yaitu U terbalik. Dimana β_1 dalam penelitian ini yaitu GDP perkapita dan β_2 adalah GDP^2 . Lalu berdasarkan (Nikensari et al., 2019) rumus untuk menghitung nilai *turning point* adalah $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ Sehingga didapatkan hasil mengenai titik balik atau *turning point* pada negara *upper middle income* Asia periode 2011-2022 sebagai berikut:

Turning point adalah $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$

Dengan $\beta_1 = 413,73702008$ dan $\beta_2 = -160,886704173$

$$\text{Turning point} = \frac{-413,73702008}{2 \cdot (-160,886704173)} = \frac{-413,73702008}{-321,773408346} = 1,286$$

Titik balik atau *turning point* yang dihasilkan adalah pada titik \ln GDPC 1,286. Titik tersebut merupakan titik GDPC pada logaritma natural dari bilangan \ln GDPC.

$$e^{\ln \text{GDPC}} = 1,286 \quad (4.1)$$

$$\frac{\ln \text{GDPC}}{\ln e} = 1,286 \quad (4.2)$$

$$\ln \text{GDPC} = 1,286 \ln e \quad (4.3)$$

$$\ln \text{GDPC} = \ln e^{1,286} \quad (4.4)$$

$$\text{GDPC} = e^{1,286} \quad (4.5)$$

$$\text{GDPC} = 3,618 \quad (4.6)$$

Emisi CO_2 di negara *upper middle income* mencapai tingkat maksimal pada tingkat GDPC sebesar 3,618 USD. Untuk mengetahui apakah titik balik tersebut merupakan titik optimum maksimum atau minimum, maka dicari turunan kedua dari model persamaan regresi tersebut. Turunan keduanya adalah:

$$\frac{d^2 \ln CO_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = 2\beta_2 \quad (4.7)$$

$$\frac{d^2 \ln CO_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = 2 \times -160,886704173 \quad (4.8)$$

$$\frac{d^2 \ln CO_2}{d (\ln \text{GDPC})^2} = -321,773408346 \quad (4.9)$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai turunan kedua adalah negatif. Artinya *turning point* yang didapat merupakan titik optimum maksimum.

4.3 Pengujian Hipotesis EKC

Terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan saat menguji hipotesis, yaitu uji signifikansi, parameter individual (uji t), uji signifikansi (uji F), dan koefisien determinan (R^2). Berikut hasil uji t, uji F, dan koefisien determinansi (R^2) dalam penelitian ini:

a. Uji t

Tabel 13. Uji t-Statistik EKC Negara *High Income* di Asia

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
GDPC	0,011734	1,982815	0,9907	H ₀ diterima
GDPC ²	-0,167547	1,982815	0,8673	H ₀ diterima

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 13, hasil uji t untuk variabel *gross domestic Product* perkapita Negara *High income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistik 0,011734 lebih kecil dari t-tabel 1,982815 dan GDPC² nilai t-statistik -0,167547 < t-tabel 1,982815, dengan nilai probabilitas lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H₀ diterima, yang berarti kedua variabel secara individu, berhubungan positif untuk GDPC dan memiliki hubungan negatif untuk GDPC² namun secara statistik tidak signifikan terhadap emisi CO₂ pada negara-negara *High Income* di Asia.

Tabel 14. Uji t-Statistik EKC Negara *Upper Middle Income* di Asia

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
GDPC	0,944766	1,982815	0,3472	H ₀ diterima
GDPC ²	-0,734394	1,982815	0,4646	H ₀ diterima

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 14, hasil uji t untuk variabel *gross domestic Product* perkapita Negara *High income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistik 0,944766 lebih kecil dari t-tabel 1,982815 dan GDPC² nilai t-statistik -0,734394 < t-tabel 1,982815, dengan nilai probabilitas lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H₀ diterima, yang berarti kedua variabel secara individu, berhubungan positif untuk GDPC dan memiliki hubungan negatif untuk GDPC² namun secara statistik tidak signifikan terhadap emisi CO₂ pada negara-negara *upper middle income* di Asia.

b. Uji F

Tabel 15. Uji F-Statistik EKC Negara *High Income* di Asia

Df (k-1; n-k)	F-statistic	F-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
2;108	5,574478	3,08	0,005002	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 15, hasil uji F menunjukkan F-statistik sebesar 5,574478, yang lebih besar dibandingkan F-tabel 3,08. Selain itu, nilai probabilitas 0,005002 berada di bawah tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H₀ ditolak, yang berarti bahwa seluruh variabel independen, yaitu variabel GDP per kapita, dan GDP per kapita kuadrat, secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di *high income* Asia.

Tabel 16. Uji F-Statistik EKC Negara *Upper Middle Income* di Asia

Df (k-1; n-k)	F-statistic	F-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
2;96	26,79351	3,10	0,000000	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 16, hasil uji F menunjukkan F-statistic sebesar 26,79351, yang lebih besar dibandingkan F-tabel 3,10. Selain itu, nilai probabilitas 0,000000 berada di bawah tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H₀ ditolak, yang berarti bahwa seluruh variabel independen, yaitu variabel GDP per kapita, dan GDP per kapita kuadrat, secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di *upper middle income* Asia.

c. Uji koefisien Determinasi (R^2)

Nilai *R-squared* R^2 di negara *High Income* adalah sebesar 0,095988 artinya variabel bebas mampu menjelaskan sebesar 9,5988 persen. Sisanya 90,41 persen dipengaruhi oleh variabel lain di luar model. Sedangkan nilai *R-squared* R^2 di negara *upper middle income* sebesar 0,365565 artinya variabel bebas mampu menjelaskan sebesar 36,55 persen, sisanya atau 64,45 persen dijelaskan oleh variabel lain diluar model.

4.4 Pemilihan Teknik Estimasi Regresi Data Panel Pengaruh GDPC , IND, dan KE di Negara-negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

Dalam analisis regresi data panel, terdapat tiga pendekatan utama yang dapat digunakan, yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai dalam mengestimasi model regresi, digunakan tiga jenis pengujian, yaitu uji Chow, uji Hausman, dan uji Lagrange Multiplier (LM). Pengujian ini bertujuan untuk memilih metode estimasi yang paling tepat berdasarkan karakteristik data yang digunakan.

a. Uji Chow

Uji chow dilakukan untuk menentukan pendekatan terbaik antara metode *Common Effect Model* atau *Fixed Effect Model* dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : *Common Effect Model*

H_a : *Fixed Effect Model*

Jika probabilitas uji lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa model *Fixed Effect* adalah pendekatan yang lebih tepat untuk mengestimasi regresi data panel. Sebaliknya, jika probabilitas uji lebih besar dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0,05$), maka H_a ditolak, yang berarti model *Common Effect* lebih sesuai digunakan. Berikut adalah hasil dari uji Chow.

Tabel 17. Hasil uji chow *High Income* di Asia

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	783.025840	(8,96)	0.0000
Cross-section Chi-square	452.894540	8	0.0000

Sumber : *EvIEWS, diolah (2025)*

Berdasarkan hasil uji chow dengan nilai statistik *Chi-square* sebesar 452,894540 dengan probabilitas sebesar $0,0000 < \alpha 0.05$. Maka, dapat disimpulkan bahwa dalam uji chow H_0 ditolak atau pendekatan terbaik yaitu *Fixed Effect Model* (FEM)

Tabel 18. Hasil uji chow *Upper Middle Income* di Asia

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	824.348454	(7,85)	0.0000
Cross-section Chi-square	406.317603	7	0.0000

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan hasil uji chow dengan nilai statistic *Chi-square* sebesar 406,317603 dengan probabilitas sebesar $0,0000 < \alpha 0.05$. Maka, dapat disimpulkan bahwa dalam uji chow H_0 ditolak atau pendekatan terbaik yaitu *Fixed Effect Model* (FEM).

d. Uji Hausman

Uji Hausman merupakan uji untuk menentukan model terbaik dalam analisis regresi data panel, yaitu apakah lebih sesuai menggunakan *Random Effect Model* atau *Fixed Effect Model*, Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : *Random Effect Model*

H_a : *Fixed Effect Model*

Keputusan diambil berdasarkan nilai probabilitas (p-value) dengan taraf signifikan (α) sebesar 0,05. Jika p-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak, sehingga model yang terpilih adalah *Fixed Effect Model*, Sebaliknya jika p-value $> \alpha$, maka H_a diterima, yang berarti *Random Effect Model* lebih sesuai untuk analisis. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian Hausman yang dilakukan.

Tabel 19. Hasil uji hausman *High Income* di Asia

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	14.644915	3	0.0021

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 19 hasil uji hausman menunjukkan nilai statistik *Chi-square* sebesar 14,644915 dengan probabilitas sebesar $0,0021 < 0,05$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa H_a diterima, sehingga model yang paling sesuai untuk digunakan adalah pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM).

Tabel 20. Hasil uji hausman Negara *Upper Middle Income* di Asia

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	17.032635	3	0.0007

Sumber : *Eviews, diolah (2025)*

Berdasarkan Tabel 20 hasil uji hausman menunjukkan nilai statistik *Chi-square* sebesar 17,032635 dengan probabilitas sebesar $0,0007 < 0,05$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa H_a diterima, sehingga model yang paling sesuai untuk digunakan adalah pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM).

4.5 Uji Asumsi Klasik

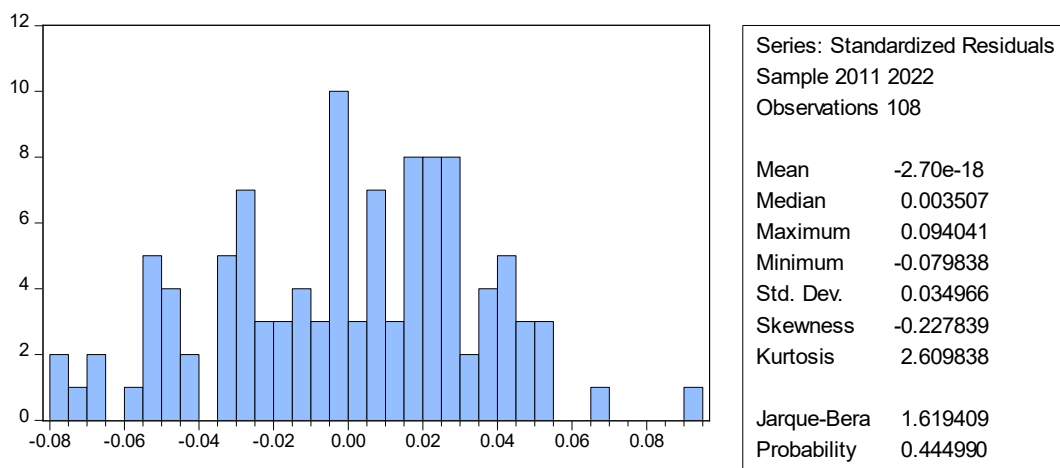
Dalam Penelitian ini dilakukan dua uji asumsi klasik, yaitu uji normalitas dan uji multikolinearitas

d. Uji Normalitas

Untuk memastikan bahwa uji t dalam analisis pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen memberikan hasil yang valid, residual harus memiliki distribusi normal. Ada dua pendekatan yang dapat digunakan untuk menguji normalitas residual, yaitu dengan membandingkan nilai Jarque-Bera dengan *Chi-Square* tabel. Jika nilai *Jarque-Bera* $<$ *Chi-Square* tabel dan nilai probabilitas $> \alpha = 0,05$, maka residual dapat dianggap terdistribusi normal. Pengujian ini memiliki hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Residual terdistribusi normal

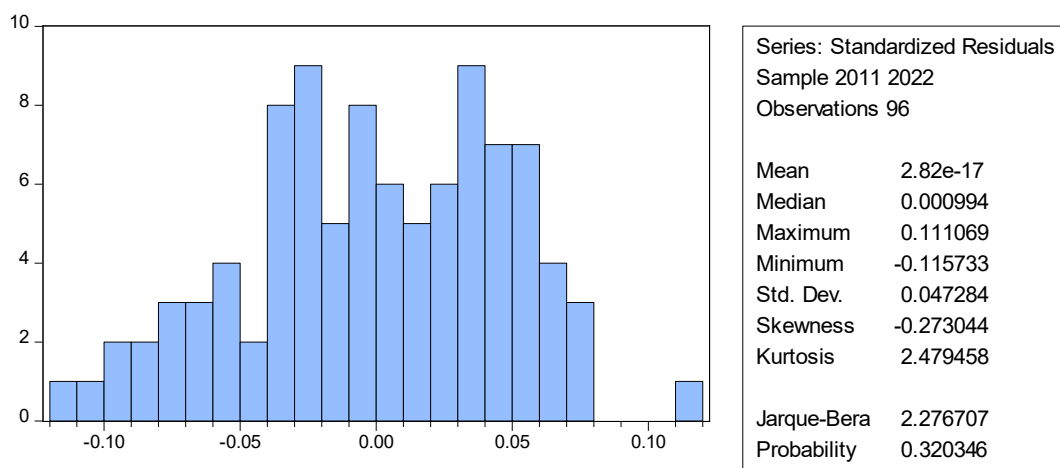
H_a : Residual tidak terdistribusi normal



Sumber : Eviews, diolah (2025)

Gambar 8. Hasil uji normalitas Negara *High Income* di Asia

Berdasarkan hasil diperoleh nilai *Jarque-Bera* sebesar 1,619409 dengan probabilitas sebesar 0,444990. Sementara itu, nilai *Chi-square* tabel pada tingkat signifikansi 5 persen adalah 7,81 karena nilai *Jarque-Bera* lebih kecil dari nilai *chi-square* tabel dan probabilitas lebih besar dari $\alpha = 0,05$ maka dapat disimpulkan hipotesis nol diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal atau asumsi uji normalitas sudah terpenuhi.



Sumber : Eviews, diolah (2025)

Gambar 9. Hasil uji normalitas Negara *Upper Middle Income* di Asia

Berdasarkan hasil diperoleh nilai *Jarque-Bera* sebesar 2.276707 dengan probabilitas sebesar 0,320346. Sementara itu, nilai *Chi-square* tabel pada tingkat signifikansi 5 persen adalah 7,81 karena nilai *Jarque-Bera* lebih kecil dari nilai *chi-square* tabel dan probabilitas lebih besar dari $\alpha = 0,05$ maka dapat disimpulkan

hipotesis nol diterima. Hal ini Menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal atau asumsi uji normalitas sudah terpenuhi.

e. Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas mengacu pada adanya hubungan linear yang kuat di antara variabel-variabel independen dalam sebuah model regresi. Uji ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah terdapat korelasi tinggi antara variabel-variabel bebas yang dapat memengaruhi hasil analisis. Secara umum, jika nilai korelasi antar variabel independen berada di bawah 0,80, maka model regresi dianggap bebas dari masalah multikolinearitas.

Tabel 21. Hasil uji multikolinearitas Negara *High Income* di Asia

	GDPC	IND	KE
GDPC	1.000000	0.198268	-0.253176
IND	0.198268	1.000000	-0.033635
KE	-0.253176	-0.033635	1.000000

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 21, diperoleh nilai korelasi dai masing-masing variabel bebas yaitu *gross domestic Product* perkapita, industrialisasi, konsumsi enerrgi < 0,80, artinya tidak terjadi masalah multikolinearitas pada setiap variabel indipenden di Negara *High income* Asia.

Tabel 22. Hasil uji multikolinearitas Negara *Upper Middle Income* di Asia

	GDPC	IND	KE
GDPC	1.000000	0.137333	0.556189
IND	0.137333	1.000000	-0.035254
KE	0.556189	-0.035254	1.000000

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 22, diperoleh nilai korelasi dai masing-masing variabel bebas yaitu *gross domestic Product* perkapita, industrialisasi, konsumsi enerrgi < 0,80, artinya tidak terjadi masalah multikolinearitas pada setiap variabel indipenden di Negara *Upper middle income* Asia.

4.6 Hasil Estimasi Regresi Data Panel

Setelah melaksanakan tiga pengujian utama, yaitu uji Chow, uji Hausman, dan uji *Lagrange Multiplier* (LM), hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan yang paling sesuai untuk mengestimasi model regresi data panel dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Model* (FEM) untuk negara *high income* Asia dan *upper middle income* Asia. Berikut ini disajikan hasil estimasi model regresi data panel untuk Negara *high income* dan *upper Middle Income*:

Tabel 23. Hasil Estimasi Regresi Data Panel *Negara High Income* di Asia *Fixed Effect Model* (FEM)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.003351	0.064538	124.0096	0.0000
GDPC	-3.84E-06	1.17E-06	-3.274649	0.0015
IND	0.001449	0.000943	1.536434	0.1277
KE	0.000129	3.18E-05	4.046557	0.0001

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan tabel 23, berikut persamaan yang diperoleh :

$$\text{LOG_CO2} = 8.00335108174 - 3.8439772274\text{e-}06 \text{ GDPC} + 0.00144851468305 \text{ IND} + 0.000128697995269 \text{ KE} + \varepsilon$$

Keterangan:

- CO₂ (Y) : Emisi Kebondiodksida(Juta Ton)
 GDPC (X1) : *Gross Domestic Product* Per Kapita(USD)
 IND (X2) : Industrialisasi (Persen)
 KE (X3) : Konsumsi Energi(*Terra Wat-hour*)
 ε : *Error Term*

Berikut ini interpretasi output hasil estimasi regresi data panel Negara *High income* menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM):

1. Jika seluruh variabel bernilai nol, maka presentase Emisi karbon dioksida CO₂ diperkirakan sebesar 8,0333
2. Koefisien *gross domestic Product* perkapita (GDPC) sebesar -3.8439772274e-06, hal ini menunjukkan hubungan hubungan negatif artinya setiap kenaikan 1

USD variabel GDPC diperkirakan menurunkan emisi karbon dioksida sebesar 0,0003843 persen.

3. Koefisien industrialisasi (IND) sebesar, 0.00144851468305 hal ini Menunjukkan hubungan positif artinya setiap kenaikan 1 persen variabel IND diperkirakan meningkatkan emisi karbon sebesar 0,1448 persen.
4. Koefisien konsumsi energi (KE) sebesar 0.000128697995269, menunjukkan hubungan positif artinya setiap kenaikan 1 TWh variabel KE diperkirakan meningkatkan emisi karbon sebesar 0,01286 persen.

Tabel 24. Hasil Estimasi Regresi Data Panel Negara *Upper Middle Income* di Asia Menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.396723	0.053636	137.9059	0.0000
GDPC	7.02E-05	1.17E-05	6.012760	0.0000
IND	-0.002483	0.000843	-2.945100	0.0042
KE	-0.000243	0.000101	-2.407095	0.0182

Sumber : Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan tabel 12, berikut persamaan yang diperoleh :

$$\text{LOG_CO2} = 7.39672265698 + 7.01954023829\text{e-}05 \text{ GDPC} - 0.00248275443823 \text{ IND} - 0.000242687471371 \text{ KE} + \epsilon$$

Keterangan:

CO2 (Y) :Emisi Kebondiodksida (Juta Ton)

GDPC (X1) :*Gross Domestic Product* Per Kapita(USD)

IND (X2) :Industrialisasi (Persen)

KE (X3) :Konsumsi Energi(Terra Wat-hour)

ϵ :*Error Term*

1. Jika seluruh variabel bernilai nol, maka presentase Emisi karbon dioksida CO2 diperkirakan sebesar 7,5769.
2. Koefisien *gross domestic Product* perkapita (GDPC) sebesar 7.01954023829e-05, hal ini menunjukkan hubungan Menunjukkan hubungan positif artinya setiap kenaikan 1 USD variabel GDPC diperkirakan meningkatkan emisi karbon dioksida sebesar 0,007019 persen.

3. Koefisien industrialisasi (IND) sebesar, -0.00248275443823, hal ini Menunjukkan hubungan pnegatif artinya setiap kenaikan 1 persen variabel PNTI diperkirakan menurunkan emisi karbon sebesar 0,2482 persen.
4. Koefisien konsumsi energi (KE) sebesar -0.000242687471371, Menunjukkan hubungan negatif artinya setiap kenaikan 1 TWh variabel KE diperkirakan menurunkan emisi karbon sebesar 0,0242 persen.

4.7 Pengujian Hipotesis

Terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan saat menguji hipotesis, yaitu uji signifikansi, parameter individual (uji t), uji signifikansi (uji F), dan koefisien determinan (R^2). Berikut hasil uji t, uji F, dan koefisien determinansi (R^2) dalam penelitian ini:

1. Uji Signifikansi Parameter Individual (uji t)

Uji t merupakan metode analisis statistik yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$

- a. Negara *high income* di Asia dengan tingkat signifikansi tersebut dan derajat kebebasan ($n-k-1$) sebesar 104, nilai t-tabel yang 1,982597.
- b. Negara *upper middle income* di Asia Asia dengan tingkat signifikansi tersebut dan derajat kebebasan ($n-k-1$) sebesar 96, nilai t-tabel yang 1,986086

Adapun hasil analisis t dalam ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Gross DoesticProduct Perkapita (GDPC)

Adapun hipotesis gross doestic product perkapita sebagai berikut:

H_0 : $\beta_1 = 0$, GDPC tidak berpengaruh terhadap Emisi karbon dioksida

H_a : $\beta_1 > 0$, GDPC berpengaruh positif terhadap Emisi karbon dioksida

Tabel 25. Hasil uji t variabel GDPC Negara *High Income* Asia

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
GDPC	-3.274649	1,983038	0,0002	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 25, hasil uji t untuk variabel *gross domestic Product* perkapita Negara *High income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistic - 3.274649 lebih besar dari t-tabel 1,983038, serta nilai probabilitas sebesar $0,0015 < \alpha = 0,05$. Dengan demikian, H₀ ditolak, yang berarti variabel *gross domestic Product* perkapita memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara *High Income*.

Tabel 26. Hasil uji t variabel GDPC Negara *Upper Middle Income* di Asia

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
GDPC	6,012760	1,986086	0,0000	H ₀ ditolak

Sumber: Eview, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 26, hasil uji t untuk variabel *gross domestic Product* perkapita Negara *Upper middle income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistic 6,012760 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar $0,0000 < \alpha = 0,05$. Dengan demikian, H₀ ditolak, yang berarti variabel *gross domestic Product* perkapita memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara *Upper Middle Income*.

b. Industrialisasi (IND)

Adapun hipotesis industrialisasi sebagai berikut:

H₀: $\beta_2 = 0$, PNTI tidak berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida

H_a: $\beta_2 > 0$, PNTI berpengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida

Tabel 27. Hasil uji t Variabel IND *High Income*

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
IND	1,536434	1,983038	0,0853	H ₀ diterima

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 27, hasil uji t untuk variabel industrialisasi negara *High Income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistic 1,536434 lebih kecil dari t-tabel, 1,983038 serta nilai probabilitas sebesar 0,1277 lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_0 diterima, yang berarti variabel pertumbuhan industrialisasi memiliki hubungan Positif namun tidak signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara *High income*.

Tabel 28. Hasil uji t variabel IND *Upper Middle Income*

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
IND	-2,945100	1,986086	0,0042	H_0 ditolak

Sumber : Eview, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 28, hasil uji t untuk variabel industrialisasi negara *upper middle income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistic -2,945100 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar 0,0042 lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_0 ditolak, yang berarti variabel industrialisasi memiliki hubungan Positif namun tidak signifikan terhadap emisi karbon dioksida di negar *upper middle income*.

C. Konsumsi Energi (KE)

H_{03} : $\beta = 0$, KE tidak berpengaruh terhadap emisi karbon dioksida

H_{a3} : $\beta_3 < 0$, KE berpengaruh negatif terhadap emisi karbon dioksida

Tabel 29. Hasil uji t Variabel KE *High Income*

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
KE	4,046557	1,983038	0,0000	H_0 ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 29, hasil uji t untuk variabel konsumsi energi Negara *High income* di Asia menunjukkan bahwa nilai t-statistic 4,046557 lebih besar dari t-tabel 1,983038, serta nilai probabilitas sebesar 0,0001 lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_0 ditolak, yang berarti variabel

konsumsi energi memiliki hubungan Positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara *high income*.

Tabel 30. Hasil uji t Variabel KE *Upper Middle Income*

Variabel	t-statistic	t-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
KE	-2,407095	1,986086	0,0182	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 30, hasil uji t untuk variabel konsumsi energi Negara *Upper middle income* di Asia menunjukkan bawah nilai t-statistic -2,407095 lebih besar dari t-tabel 1,986086, serta nilai probabilitas sebesar 0,0186 lebih kecil dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H₀ ditolak, yang berarti variabel konsumsi energi memiliki hubungan Positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di Negara *upper middle income*.

2. Uji F (Uji Serentak)

Uji F bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen. Hipotesis yang digunakan dalam uji F ini adalah sebagai berikut:

H₀: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (Secara keseluruhan, variabel independen tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen).

H_a: $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$, (Secara keseluruhan, variabel independen memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen).

Dalam penelitian ini, uji F dilakukan dengan membandingkan nilai F-statistik dengan uji F-tabel pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Kriteria yang berarti secara bersama-sama variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen. Sebaliknya jika F-statistik $> F$ -tabel H₀ diterima, yang berarti secara bersama-sama variabel independen tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Sebaliknya Jika F-statistik $\leq F$ -tabel maka H₀ ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara bersama-sama variabel dependen.

a. Untuk negara *High income* Asia $\alpha = 0,05$, derajat kebebasan $df_1=3$ dan $df_2=n-k=104$, diperoleh F-tabel= 2,45

b. Untuk negara *Upper middle income* $\alpha = 0,05$, derajat kebebasan $df_1=3$ dan $df_2=n-k=92$, diperoleh F-tabel = 2,70

Hasil uji F dalam penelitian ini disajikan untuk mengidentifikasi apakah variabel independen secara simultan memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen pada masing-masing negara *high income* dan *upper middle income* di Asia.

Tabel 31. Hasil uji F *High Income*

Df (k-1; n-k)	F-statistic	F-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
3;108	2543,644	2,45	0,0000	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 31, hasil uji F menunjukkan F-statistic sebesar 2543,644, yang lebih besar dibandingkan F-tabel 2,45 Selain itu, nilai probabilitas 0,000000 berada di bawah tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H₀ ditolak, yang berarti bahwa variabel independen, yaitu variabel GDP per kapita, pertumbuhan industrialisasi, konsumsi energi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di *high income* Asia.

Tabel 32. Hasil uji F *Upper Middle Income*

Df (k-1; n-k)	F-statistic	F-tabel	Probabilitas	Kesimpulan
3;96	2244,046	2,70	0,0000	H ₀ ditolak

Sumber: Eviews, diolah (2025)

Berdasarkan Tabel 32, hasil uji F menunjukkan F-statistic sebesar 276.7549, yang lebih besar dibandingkan F-tabel 2,70 Selain itu, nilai probabilitas 0,000000 berada di bawah tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H₀ ditolak, yang berarti bahwa variabel independen, yaitu variabel GDP per kapita, pertumbuhan nilai tambah industri, konsumsi energi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon dioksida di *upper middle income* Asia.

3. Koefisien Determinasi (R^2)

Hasil estimasi regresi data panel menggunakan pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM) menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R-Squared) di negara *High income* Asia adalah sebesar 0,9965 atau 99,65 persen. Ini berarti variabel bebas, yaitu *gross domestic Product* perkapita, industrialisasi, dan konsumsi energi, mampu menjelaskan 99,65 persen dari variasi emisi karbon dioksida untuk negara *high income* Asia. Sementaraitu, untuk negara *upper middle income* Asia hasil estimasi regresi data panel menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM) menunjukkan bahwa nilai R-square mencapai 0,9962 atau 99,62 persen, yang artinya bahwa variabel bebas dapat menjelaskan 99,62 persen variasi emisi karbon dioksida untuk negara *upper middle income* Asia. Adapun sisanya, yaitu 0,35 persen di negara *high income* Asia, dan 0,38 persen di negara *upper middle income* Asia dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel yang digunakan dalam model. Nilai koefisien determinasi yang lebih tinggi di negara *high income* Asia menunjukkan bahwa model regresi memiliki kemampuan penjelasan yang lebih baik dibandingkan dengan negara *upper middle income* Asia.

4.8 Analisis *Individual Effect*

Nilai *individual effect* menggambarkan pengaruh masing-masing variabel bebas, GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi, terhadap variabel terikat, yakni emisi karbon dioksida pada negara-negara yang diteliti di Asia dengan 2 klasifikasi negara yaitu negara *high income* dan menengah ke atas. Pengaruh ini dihitung dengan menjumlahkan koefisien efek dari setiap negara dengan konstanta yang diperoleh melalui estimasi regresi data panel. Model estimasi yang digunakan di negara *high income* dan menengah ke atas yakni *Fixed Effect Model* (FEM).

Nilai *individual effect* ini memberikan gambaran bagaimana setiap variabel bebas memengaruhi emisi karbon dioksida di dua klasifikasi pendapatan negara. Dengan pendekatan FEM, analisis ini mampu memperhitungkan karakteristik spesifik dari setiap negara yang memengaruhi hasil estimasi. Hasil analisis ini diharapkan

dapat memberikan *insight* yang lebih jelas mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap emisi karbon dioksida di Asia.

Tabel 33. Hasil *Individual effect* di negara *High income*

No	Negara	Coefficient Effect	Individual Effect
1	Brunei	-0,9366	7,063116972
2	Israel	-0,12323	7,876487972
3	Jepang	0,583912	8,583632972
4	Korea Selatan	0,519425	8,519145972
5	Kuwait	0,026907	8,026627972
6	Qatar	0,128031	8,127751972
7	Uni Emirat Arab	0,332527	8,332247972
8	Hongkong	-0,29579	7,703933972
9	Singapura	-0,23518	7,764542972

Sumber: *Eviews, diolah*

Berdasarkan hasil analisis *individual effect*, diketahui bahwa kontribusi masing-masing negara terhadap emisi karbon dioksida menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Negara seperti Jepang, Korea Selatan, Kuwait, Qatar dan Uni Emirat Arab tercatat memberikan kontribusi positif yang cukup besar terhadap peningkatan emisi karbon dioksida, sebagaimana tercermin dari nilai efek individu yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi sudah dikendalikan dalam model, negara-negara ini tetap memiliki karakteristik struktural atau kebijakan domestik yang secara intrinsik mendukung tingginya tingkat emisi. Sebaliknya, negara-negara seperti Brunei Darussalam, Israel Singapura, dan Hongkong memiliki nilai efek individu yang relatif lebih rendah, menunjukkan bahwa kondisi awal dan struktur ekonomi di negara-negara tersebut cenderung lebih mendukung upaya pengurangan emisi karbon atau memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam penggunaan energi.

$$\text{LOG_CO2} = 8,583632972 - 3.12733613856\text{e-}06 \text{ GDPC} + 0.00101288987563 \text{ PNTI} + 0.000110384567259 \text{ KE} + \epsilon_{it}$$

Setelah menggantikan konstanta umum dengan *individual effect* Jepang yang tertinggi sebesar 8,5836, diperoleh bahwa jika seluruh variabel independen dianggap konstan, maka Jepang akan memiliki pengaruh struktural terhadap emisi karbon sebesar 8,5836. Nilai ini mencerminkan pengaruh tetap dari karakteristik negara yang tidak tercakup dalam model, seperti kebijakan energi, struktur transportasi, atau efisiensi industri nasional. Diposisi kedua ada Korea Selatan dan Uni Emirat Arab. Ketiga negara ini merupakan negara *high income* atau kaya energi yang memiliki aktivitas industri berskala besar serta ketergantungan terhadap energi fosil yang masih tinggi. Meskipun terdapat kebijakan efisiensi dan transisi energi, besarnya *individual effect* menunjukkan bahwa faktor-faktor domestik tetap menghasilkan emisi yang tinggi.

$$\text{LOG_CO2} = 7,063116972 - 3.12733613856\text{e-}06 \text{ GDPC} + 0.00101288987563 \text{ PNTI} + 0.000110384567259 \text{ KE} + \epsilon_{it}$$

Setelah menggantikan konstanta umum dengan *individual effect* Brunei yang terendah sebesar 7,063116972, diperoleh, bahwa jika seluruh variabel independen dianggap konstan, maka Brunei akan memiliki pengaruh struktural terhadap emisi karbon sebesar 7,063116972. Nilai ini mencerminkan pengaruh tetap dari karakteristik negara yang tidak tercakup dalam model, seperti kebijakan energi, struktur transportasi, atau efisiensi industri nasional. Selain itu, diartikan sebagai keberhasilan dalam mengelola pertumbuhan ekonomi dengan emisi karbon yang lebih terkendali melalui efisiensi energi dan kebijakan lingkungan yang ketat.

Tabel 34. Hasil *Individual effect* di negara *Upper Middle Income*

No	Negara	Coefficient Effect	Individual Effect
1	Malaysia	0,594576	7,991298657
2	Thailand	0,963244	8,359966657
3	Azerbaijan	-0,185077	7,211645657
4	Turki	0,815248	8,211970657
5	Maldives	-2	6

No	Negara	<i>Coefficient Effect</i>	<i>Individual Effect</i>
6	Mogolia	-0,10173	7,294992657
7	Kazakhatan	0,49783	7,894552657
8	Georgia	-0,688755	6,707967657

Sumber: Eviews, diolah

Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa kontribusi masing-masing negara *upper middle income* terhadap emisi karbon dioksida menunjukkan variasi yang cukup mencolok. Negara seperti Thailand, Turki, Malaysia, dan Kazakhatan tercatat memberikan kontribusi positif yang cukup besar terhadap peningkatan emisi karbon dioksida, sebagaimana tercermin dari nilai *individual effect* yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun dalam model telah dikendalikan oleh GDP per kapita, konsumsi energi, dan industrialisasi, ketiga negara ini masih menunjukkan karakteristik struktural yang mendorong emisi tinggi. Sebaliknya, negara-negara seperti Maldives, Mongolia, Azerbaijan dan Georgia memiliki nilai *individual effect* yang rendah, menunjukkan bahwa meskipun kapasitas ekonominya terbatas, mereka tidak memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan emisi, baik karena keterbatasan aktivitas industri maupun struktur ekonomi yang tidak intensif karbon.

$$\text{LOG_CO2} = 8,359966657 + 7.01954023829\text{e-}05 \text{ GDPC} - 0.00248275443823 \text{ PNTI} - 0.000242687471371 \text{ KE} + \epsilon_{it}$$

Setelah menggantikan konstanta umum dengan *individual effect* Thailand yang tertinggi sebesar 8,359966657, diperoleh bahwa jika seluruh variabel independen dianggap konstan, maka Thailand akan memiliki pengaruh struktural terhadap emisi karbon sebesar 8,359966657. Nilai ini mencerminkan pengaruh tetap dari karakteristik negara yang tidak tercakup dalam model, seperti kebijakan energi, struktur transportasi, atau efisiensi industri nasional. Thailand menempati posisi dengan nilai *individual effect* tertinggi, diikuti oleh Turki dan Malaysia. Hal ini mencerminkan bahwa selain pertumbuhan ekonomi, faktor domestik seperti struktur industri, sumber energi fosil, transportasi, dan urbanisasi turut mendorong emisi karbon. Thailand dan Turki mengalami industrialisasi pesat namun masih

bergantung pada batu bara dan minyak bumi. Sementara itu, Malaysia, meski berinvestasi dalam energi terbarukan, tetap menunjukkan efek individu tinggi akibat sektor migas dan urbanisasi.

$$\text{LOG_CO2} = 6,0000 + 7.01954023829\text{e-}05 \text{ GDPC} - 0.00248275443823 \text{ PNTI} - 0.000242687471371 \text{ KE} + \epsilon_{it}$$

Setelah menggantikan konstanta umum dengan *individual effect*, Maldives yang terendah sebesar 6,0000, terlihat bahwa Maldives memiliki pengaruh struktural emisi yang sangat kecil. Sebagai negara kepulauan kecil dengan industri dan populasi terbatas, kontribusi emisinya rendah. Hal ini menekankan pentingnya pendekatan keadilan dalam kebijakan iklim global, di mana negara beremisi kecil tidak seharusnya diperlakukan sama dengan pengemisi besar dalam upaya mitigasi.

4.9 Pembahasan

1. Analisis Hipotesis teori *Environmental Kuznets Curve*

Hipotesis EKC menghendaki koefisien GDP per kapita bertanda positif dan koefisien GDP per kapita kuadrat bertanda negatif. Dimana hubungan antara GDP per kapita dan kerusakan lingkungan diformulasikan sebagai berikut:

High Income :

$$\ln_CO_2 = 2301,22004896 + 0,0328668927635 (\ln \text{ GDPC}) - 0,230094095471 (\ln \text{ GDPC})^2 + \epsilon_{it}$$

Upper middle income:

$$\ln_CO_2 = 972.755985461 + 413.73702008 (\ln \text{ GDPC}) - 160.886704173 (\ln \text{ GDPC})^2 + \epsilon_{it}$$

Hasil estimasi menunjukkan koefisien GDP per kapita bertanda positif dan koefisien GDP per kapita kuadrat bertanda negatif. Sesuai dengan bentuk teoritis EKC. Namun tidak signifikan secara statistik, Maka hasil tersebut tidak terbukti *turning point* tetapi membentuk kurva U-terbalik sesuai dengan hipotesis EKC. pada negara *High Income* (Brunei, Israel, Jepang, Korea Selatan, Kuwait, Qatar,

Uni Emirat Arab, Hongkong, Singapura) dan negara *Upper middle income* meliputi (Malaysia, Thailand, Azerbaijan, Turki, Maldives, Mongolia, Kazakhstan, dan Georgia). Hal ini sesuai dengan penelitian (Muhammad Fajar & Hariyanto, 2021) yang menyatakan hipotesis *Environmental Kuznets Curve*, hal tersebut dapat diketahui dari pola hubungan yang terbentuk apabila $\beta_1 > 0$ dan $\beta_2 < 0$. Pada penelitian ini, β_1 merujuk pada variabel GDP, sementara β_2 adalah GDP kuadrat. Jika kondisi ini terpenuhi, maka kurva yang terbentuk akan sesuai dengan hipotesis EKC, yaitu berbentuk U terbalik. Jika pengujian relevansi EKC menunjukkan hasil yang signifikan, maka akan ditemukan titik balik (*turning point*) pada kurva tersebut.

Secara matematis *turning point* bisa dihitung, yaitu sebesar 0,0714 dan 1.286 di tahun 2011-2022 pada negara *High Income* dan *upper middle income* di Asia. nilai tersebut tidak dapat dijadikan dasar penarikan kesimpulan berlakunya EKC karena ketidak signifikanan hasil estimasi. Dengan demikian, hubungan antara GDP per kapita dan emisi karbon dioksida pada kelompok negara ini tidak terbukti secara signifikan membentuk kurva U-terbalik sesuai hipotesis EKC. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pola hubungan mengikuti arah yang diharapkan ($\beta_1 > 0$ dan $\beta_2 < 0$), maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis EKC tidak terbukti secara empiris dalam konteks penelitian ini. Meskipun bentuk kurva mengikuti arah teori EKC, tidak ditemukan *turning point* yang valid secara statistik untuk mengonfirmasi keberlakuannya *turning point* pada negara-negara *High Income* dan *upper middle income* Asia selama periode yang diamati.

Penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Hussain (2023) dalam jurnal *Environmental Science and Pollution Research*, yang menunjukkan bahwa meskipun bentuk hubungan antara GDP per kapita dan GDP per kapita kuadrat membentuk kurva U-terbalik secara teoritis, *turning point* tidak tercapai secara nyata di negara-negara dengan tingkat *governance* yang rendah, termasuk banyak negara berkembang di Asia. Selain itu sejalan dengan hasil Ginting (2023) yang juga menyatakan bahwa hipotesis *Environmental Kuznets Curve* tidak terbukti karena variabel PDRB (GDP) tidak berpengaruh signifikan terhadap Indeks

Kualitas Lingkungan Hidup. Meskipun hasil estimasi menunjukkan bentuk kurva U-terbalik ini menunjukkan bahwa struktur hubungan secara matematis dapat terbentuk, namun tidak selalu disertai signifikansi statistik yang mendukung keberlakuan EKC secara empiris.

2. Pengaruh *Gross Domestic Product* Perkapita terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

a. High Income

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa koefisien GDP per kapita bernilai negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida negara-negara *High Income*. Dimana pada negara *High Income* memiliki nilai sebesar $-3.8439772274e-06$, hal ini menunjukkan setiap kenaikan 1 USD variabel GDPC diperkirakan menurunkan emisi karbon dioksida sebesar 0,0003843 persen. Sejalan dengan arah hipotesis penelitian untuk negara *high income*, yaitu bernilai negatif signifikan. Artinya, peningkatan GDP per kapita justru menurunkan emisi CO₂, yang secara teoritis konsisten dengan fase menurun dari kurva *Environmental Kuznets Curve* (EKC).

Environmental Kuznets Curve (EKC) menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan. Pada fase awal pertumbuhan ekonomi, emisi cenderung meningkat karena masih mengandalkan sumber daya alam secara berlebih, serta didominasi sektor industri dan penggunaan energi fosil. Namun setelah mencapai pendapatan tertentu, negara mulai memperhatikan isu lingkungan, maka, terjadi *turning point*, Dimana kenaikan GDP perkapita menurunkan emisi karbon dioksida, pada negara berpendapatan tinggi yang sudah memasuki fase penurunan (*post industrial*). Sedangkan pada negara berpendapatan menengah keatas belum terjadi *turning poin*. Karena masih pada fase awal pertumbuhan ekonomi ketika GDP perkapita meningkat diikuti oleh meningkatnya emisi karbon dioksida (Grossman & Krueger, 1995).

Pola konsumsi masyarakat di negara *High Income* didominasi oleh sektor tersier seperti jasa, teknologi, dan keuangan yang secara umum memiliki jejak karbon lebih rendah dibandingkan sektor primer. Karena perubahan pola konsumsi ini, menjelaskan mengapa peningkatan GDPC tidak lagi berbanding lurus dengan tingkat emisi CO₂ (Shahbaz et al., 2017). Tidak hanya itu negara-negara *High Income* aktif dalam perjanjian internasional; seperti *Protocol Kyoto*, *Paris Agreement* dan program SDGs, untuk menekan pengurangan emisi karbon dioksida menuju energi bersih. Oleh karena itu keseimbangan pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan dapat dicapai melalui transformasi struktural ekonomi dan kesadaran lingkungan yang semakin meningkat pada masyarakat.

Hasil ini sejalan dengan temuan Nikensari (2019) yang menunjukkan hubungan negatif dan signifikan pada negara berpendapatan tinggi, keberhasilan negara berpendapatan tinggi khususnya Jepang dalam menurunkan pengaruh terhadap emisi CO₂ dengan mengintegrasikan teknologi bersih, nuklir serta banyak negara maju telah menetapkan regulasi berkaitan dengan batubara, penggunaan energi terbarukan dan kendaraan rendah emisi. Kebijakan lingkungan yang ketat, sejalan dengan urgensi penanganan masalah perubahan iklim. Kesepakatan antar negara maju serta tak terkecuali negara yang ada di Asia. Untuk menekan emisi karbon dioksida dipelopori adanya perjanjian protokol Kyoto, program PBB (*millennium development goals*), dan *Paris Agreement*. Poin capaiannya adalah mencapai keseimbangan antara kesehatan ekonomi dan lingkungan, dengan cara mendorong penggunaan energi terbarukan, energi nuklir, penggunaan kendaraan beremisi rendah. Banyak negara sudah menetapkan regulasi ini.

b. *Upper Middle Income*

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa koefisien GDP per kapita bernilai positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di negara-negara *upper middle income*. Dimana pada negara berpendapatan tinggi memiliki nilai sebesar 7.01954023829e-05 hal ini menunjukkan setiap kenaikan 1 USD variabel GDPC diperkirakan menaikkan emisi karbon dioksida sebesar 0,0007019

persen, Sejalan dengan arah hipotesis penelitian untuk negara *upper middle income*. Artinya, peningkatan GDP per kapita akan menaikkan emisi CO₂, yang secara teoritis berada pada fase awal pertumbuhan ekonomi meningkatkan emisi karbon dioksida sesuai dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan. Pada fase awal pertumbuhan ekonomi, emisi cenderung meningkat karena masih mengandalkan sumber daya alam secara berlebih, serta didominasi sektor industri dan penggunaan energi fosil (Grossman & Krueger, 1995).

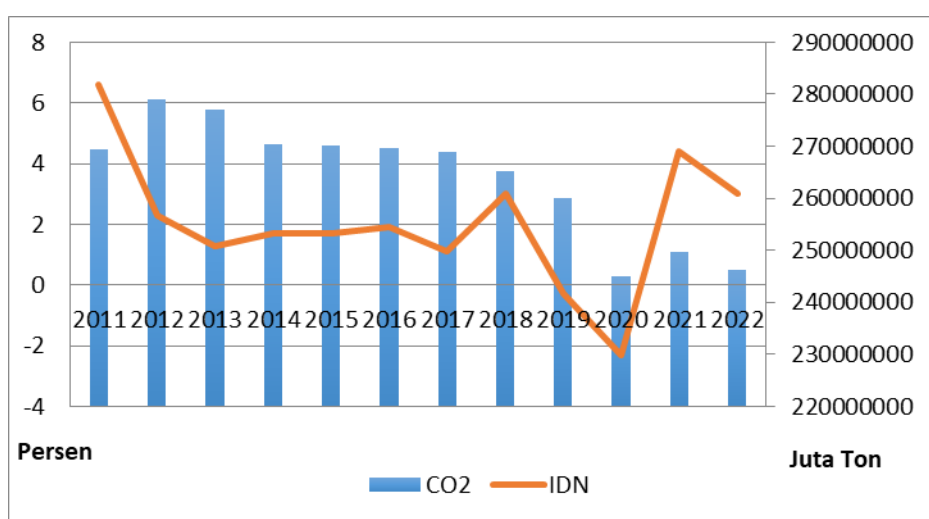
Pada fase ini, negara-negara *upper middle income* umumnya sedang mengalami percepatan industrialisasi dan percepatan pembangunan, dengan karakteristik dominasi sektor primer dan sekunder. Pertumbuhan sektor primer seperti pertanian, kehutanan, dan pertambangan mendorong kenaikan produksi dan konsumsi energi. Proses ini memerlukan konsumsi energi yang besar, yang sebagian besar masih dipenuhi oleh bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Peningkatan pendapatan per kapita juga seringkali diiringi oleh peningkatan daya beli masyarakat, yang mendorong peningkatan konsumsi barang dan jasa, serta mobilitas, meningkatkan volume transportasi, konsumsi energi rumah tangga, dan output industri yang akibatnya meningkatkan emisi karbon.

Penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya oleh Adrian (2024), yang menganalisis negara-negara BRICS, di mana peningkatan GDP per kapita sebesar 1% menyebabkan peningkatan emisi CO₂ sebesar 0,477%. Hasil ini juga konsisten dengan studi (Ahmad et al., 2024) yang menyatakan bahwa di GDP per kapita berpengaruh positif signifikan terhadap emisi karbon dalam jangka panjang. Fenomena ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi pada tahap *upper middle income* masih memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan tekanan lingkungan sebelum negara mencapai titik balik pada kurva EKC, di mana pendapatan yang lebih tinggi mulai mengarah pada penurunan emisi

3. Pengaruh Industrialisasi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

a. High Income

Berdasarkan hasil estimasi regresi data panel pada 9 negara di Asia tahun 2011-2022, ditemukan bahwa pertumbuhan industrialisasi di negara *High Income* memiliki nilai 0,00144851468305, variabel ini menunjukkan pengaruh positif namun tidak signifikan terhadap emisi CO₂. Koefisien yang bernilai positif tersebut tidak sejalan dengan arah hipotesis penelitian *high income*, seharusnya berhubungan negatif. Secara statistik, hasil penelitian ini memiliki nilai tidak signifikan dalam mempengaruhi emisi karbon dioksida. Industrialisasi dapat meningkatkan emisi karbon. Hal tersebut bisa dilihat dari gambar dibawah ini :



Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Gambar 10. Rata-rata Perkembangan Industrialisasi dan Emisi Karbon Dioksida Pada Negara-Negara *High Income* Tahun 2011-2022

Berdasarkan gambar 9 diatas sesuai dengan uji yang sudah dilakukan, telah dicerminkan oleh grafik perkembangan industrialisasi dan emisi karbon dioksida, terlihat bahwa rata-rata industrialisasi berfluktuatif dari tahun ke tahun tahun 2020 mengalami penurunan yang drasrtis akibat pandemik covid-19. hubungan yang positif antara industrialisasi dan emisi CO₂, karena setiap penurunan industrialisasi diikuti oleh penurunan emisi CO₂.

Temuan ini menarik untuk dikaji karena secara teoritis, sektor industri dikenal sebagai salah satu kontibutor utama terhadap emisi karbon dioksida terutama pada negara berkembang yang berada dalam fase awal industrialisasi (Tang, 2017). Namun dalam konteks negara Asia yang tergolong *high income*, hasil ini dapat dijelaskan melalui pendekatan *Enivronmental Kuznet Curve* (EKC). Teori ini

menjelaskan bahwa terdapat hubungan berbentuk kurva U terbalik antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan. Pada tahap awal pembangunan, emisi cenderung meningkat didorong dengan ekspansi industri. Namun setelah mencapai titik *turning point*, emisi mulai menurun karena terjadi pergeseran struktur ekonomi, peningkatan efisiensi teknologi, dan penguatan kebijakan lingkungan yang lebih ketat (David I et al., 1996). Negara-negara *high income* umumnya telah memasuki fase dimana peningkatan industrialisasi tidak secara nyata mempengaruhi peningkatan emisi karbon. Hal ini terbukti dari kontribusi sektor industri terhadap GDP rata-rata 25-35%. Sebagai bukti yang memperkuat kondisi tersebut, dapat dilihat dari grafik rata-rata kontribusi sektor jasa terhadap GDP di negara-negara *high income* di Asia.

Tabel 35. Rata-rata Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP Negara *High income* di Asia Pada Tahun 2011-2022

NO	Negara	Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP (%)
1	Brunei	35,84%
2	Israel	69,31%
3	Jepang	70,34%
4	Korea Selatan	55,93%
5	Kuwait	50,22%
6	Qatar	40,83%
7	Uni Emirat Arab	51,04%
8	Hongkong	90,15%
9	Singapura	70,39%

Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Bedasarkan tabel rata-rata share sektor jasa tersebut, sebagian besar negara menunjukkan dominasi sektor jasa yang sangat tinggi, seperti Hongkong sebesar 90,16%, Singapura 70,40%, Jepang 70,35%, dan Israel 69,32%. Fakta ini mencerminkan adanya proses *decoupling*, yaitu pemisahan antara pertumbuhan ekonomi dan tekanan lingkungan, khususnya emisi karbon. *Decoupling* ini dapat dibagi menjadi dua bentuk, yaitu *relative decoupling* (ketika emisi tumbuh lebih

lambat dari GDP) dan *absolute decoupling* (ketika GDP tumbuh sementara emisi menurun). Negara-negara berpendapatan tinggi cenderung telah mencapai *absolute decoupling*, di mana GDP tetap tumbuh tanpa peningkatan emisi, berkat perubahan struktur ekonomi, adopsi teknologi hemat energi, serta kebijakan lingkungan yang ketat seperti regulasi emisi, insentif hijau, dan perdagangan karbon. Kombinasi faktor tersebut memungkinkan sektor industri tumbuh tanpa meningkatkan tekanan lingkungan, sejalan dengan laporan UNEP (2011) dan (OECD, 2015) yang menegaskan bahwa *decoupling* lebih mungkin terjadi di negara dengan struktur ekonomi modern dan kebijakan lingkungan yang kuat.

karakteristik industri di negara-negara berpendapatan tinggi yang cenderung didominasi oleh industri bernilai tambah tinggi namun karbon rendah. Seperti industri farmasi, semikonduktor, alat kesehatan, serta teknologi informasi, telah menjadi tulang punggung pertumbuhan industri di negara maju. Industri-industri ini menghasilkan output berbasis teknologi, presisi tinggi, dan efisiensi energi, serta umumnya tidak mengandalkan proses padat energi seperti pembakaran bahan bakar fosil (OECD, 2017). Misalnya, industri farmasi memerlukan sistem produksi tertutup dan terkontrol, menggunakan teknologi otomatisasi dan energi bersih, sehingga jejak karbonnya jauh lebih rendah dibandingkan industri berat (IEA, 2021). Selain itu, Komitmen negara-negara tersebut dalam perjanjian internasional juga memperkuat hasil ini. Jepang menargetkan penurunan emisi 46% pada 2030 dan netral karbon pada 2050. Singapura telah menerapkan pajak karbon sejak 2019 dan menargetkan *net zero emission* pada 2050, sementara Korea Selatan menjalankan strategi *K-Green New Deal*. Dukungan kebijakan ini mempercepat transformasi industri menuju model yang lebih bersih dan efisien, menjadikan sektor industri sebagai bagian dari solusi iklim

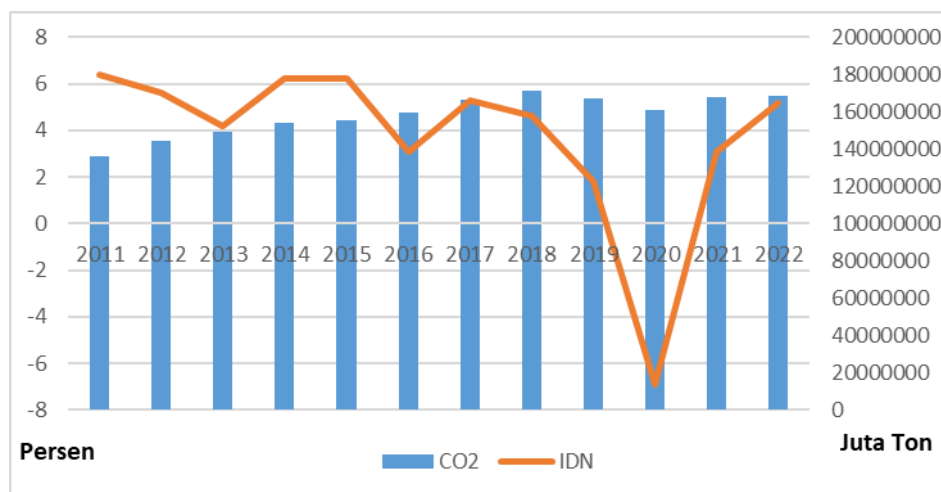
Hasil ini diperkuat studi yang dilakukan (Ben Jebli et al., 2020) juga menunjukkan bahwa pada negara-negara *high income*, seperti singapura, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara nilai tambah industri dan emisi karbon dioksida. Hal ini disebabkan oleh keberhasilannya negara tersebut menekan dampak lingkungan dari aktivitas industrinya melalui penerapan teknologi produksi bersih dan regulasi yang efektif. Jebli dkk. menyimpulkan bahwa negara-negara dengan

pendapatan tinggi umumnya telah melewati fase industrialisasi intensif dan mulai beralih ke struktur ekonomi berbasis jasa dan teknologi. Dengan demikian, struktur industri mereka tidak lagi bergantung pada proses produksi padat karbon, melainkan telah mengadopsi pendekatan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Dalam laporan, (Investing in ASEAN, 2023), menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan per kapita negara-negara Asia berpenghasilan tinggi mendorong pergeseran sektor ekonomi dari pertanian ke industri dan kemudian sektor jasa berteknologi tinggi. Pergeseran ini mencerminkan perubahan orientasi dari kuantitas menuju kualitas dan efisiensi produksi. Industri kini diarahkan untuk menghasilkan nilai tambah tinggi dengan emisi rendah melalui penerapan *Industry 4.0*, seperti otomasi, kecerdasan buatan, dan energi terbarukan. Meski lebih dominan di negara berpendapatan tinggi, negara *upper middle income* juga mulai mengikuti arah transformasi ini dalam rangka mempercepat transisi energi bersih dan keberlanjutan industri.

b. *Upper Middle Income*

Berdasarkan hasil estimasi regresi data panel pada 8 negara di Asia tahun 2011-2022, ditemukan bahwa pertumbuhan nilai tambah di negara *upper middle income* memiliki -0.000242687471371, variabel ini menunjukkan pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Artinya setiap kenaikan 1 persen variabel pertumbuhan industrialisasi diperkirakan menurunkan emisi karbon dioksida sebesar 0,2482 persen. Koefisien yang bernilai negatif tersebut tidak sejalan dengan arah hipotesis penelitian, namun secara statistik, nilai tersebut signifikan dalam mempengaruhi emisi karbon dioksida. Gambar berikut ini merupakan rata-rata emisi karbon dioksida dan industrialisasi pada negara *upper middle income*:



Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Gambar 11. Rata-rata Perkembangan Industrialisasi dan Emisi Karbon Dioksida Pada Negara-negara *Upper Middle Income* Tahun 2011-2022

Gambar 11, memperlihatkan rata-rata industrialisasi yang berfluktuasi dari tahun ke tahun. Pada tahun 2020 mengalami gejolak penurunan industrialisasi akibat pandemi covid-19, hal ini juga menurunkan emisi CO₂ namun penurunannya tidak terlalu besar, secara data keduanya tampak memiliki hubungan positif ketika industriialisasi naik, emisi CO₂ juga cenderung naik, namun temuan penelitian ini menunjukkan hubungan negatif antar kedua variabel. Hal ini dikarenakan faktor Perbedaan ini bisa disebabkan oleh regresi yang menangkap pengaruh jangka panjang seperti efisiensi teknologi, transisi energi bersih dan juga mempertimbangkan variabel lain. Selain itu, kualitas industrialisasi yang lebih ramah lingkungan bisa menurunkan emisi.

Secara teoretis, temuan ini sejalan dengan pendekatan *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Dalam tahapan awal pembangunan ekonomi, peningkatan output industri biasanya beriringan dengan kenaikan emisi karbon karena dominasi industri padat energi. Namun, setelah negara mencapai titik balik (*turning point*), efisiensi meningkat, struktur ekonomi bergeser ke sektor jasa atau industri rendah karbon, serta diterapkan kebijakan lingkungan yang ketat, sehingga emisi tidak lagi meningkat meskipun ekonomi tumbuh (Grossman & Krueger, 1995). Negara *upper middle income* seperti Malaysia dan Thailand saat ini menunjukkan gejala tersebut, konsep *relative decoupling* (ketika emisi tumbuh lebih lambat dari

GDP). yakni sektor industrinya mampu meningkatkan output tanpa disertai peningkatan emisi karbon. Negara-negara *upper middle income* mulai mengurangi ketergantungan pada sektor padat energi seperti logam dasar dan petrokimia, dan mengembangkan sektor elektronik, otomotif, farmasi, serta alat kesehatan semua berintensitas karbon rendah dan menghasilkan nilai tambah tinggi. Sebagai contoh, industri farmasi di Thailand berkembang pesat sejak 2020 sebagai bagian dari strategi industri 4.0, dan Malaysia memfokuskan pengembangan manufaktur berteknologi tinggi. Hal ini konsisten dengan hasil studi (C. Zhang & Zhou, 2016) yang menyatakan bahwa industrialisasi yang dikombinasikan dengan efisiensi energi dapat menurunkan emisi karbon di negara-negara berkembang. Transformasi ini dapat diamati dari struktur ekonomi negara-negara yang diteliti. Seperti terlihat pada Tabel 36, sektor jasa menyumbang lebih dari separuh GDP di Malaysia dan Thailand, yang menunjukkan kecenderungan beralihnya aktivitas ekonomi dari sektor padat karbon ke sektor yang lebih bersih dan efisien.

Tabel 36. Rata-rata Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP Negara *Upper Middle Income* di Asia Pada Tahun 2011-2022

NO	Negara	Kontribusi Sektor Jasa Terhadap GDP (%)
1	Malaysia	51,48%
2	Thailand	54,97%
3	Azerbaijan	35,06%
4	Turki	53,72%
5	Maldives	72,54%
6	Mogolia	43,18%
7	Kazakhstan	54,70%
8	Georgia	59,92%

Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Bedasarkan tabel rata-rata kontribusi sektor jasa tersebut, sebagian besar negara menunjukkan dominasi sektor jasa yang cukup tinggi, seperti Maldives sebesar 72,54%, Georgia 59,92%, Thailand 54,97%, dan Kazakhstan 54,70%. Kondisi ini memperkuat temuan bahwa industrialisasi tidak selalu menjadi pendorong utama

emisi karbon, terutama ketika struktur ekonomi nasional lebih dipengaruhi oleh sektor jasa. Sektor jasa seperti perdagangan, transportasi, keuangan, pendidikan, dan teknologi informasi tidak memerlukan konsumsi energi setinggi sektor manufaktur berat atau industri ekstraktif. Oleh karena itu, tingginya kontribusi sektor jasa dalam GDP turut menjelaskan mengapa sektor industri memiliki pengaruh negatif terhadap emisi CO₂ secara statistik dalam hasil regresi.

Dukungan kebijakan lingkungan dan komitmen internasional juga berperan penting. Malaysia menargetkan pengurangan intensitas emisi sebesar 45% pada 2030, sementara Thailand telah menetapkan target netral karbon pada 2050 dan net zero emission pada 2065 (UNFCCC, 2023). Komitmen ini sejalan dengan kerangka kerja Paris Agreement, yang mendorong negara-negara peserta menyusun *Nationally Determined Contributions* (NDCs) untuk menurunkan emisi secara terukur dan bertanggung jawab. Di sisi lain, share sektor jasa di negara-negara ini juga cukup besar, seperti Malaysia dengan 53,6% dan Thailand lebih dari 60% dari total GDP, yang memperkuat posisi sektor rendah karbon dalam perekonomian nasional (World Bank, 2023).

Temuan ini diperkuat oleh penelitian (Prinadi et al., 2022) terhadap lima negara ASEAN, termasuk Malaysia dan Thailand, juga mendukung temuan ini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai tambah industri berpengaruh negatif terhadap emisi karbon dioksida, yang dikaitkan dengan meningkatnya penggunaan energi terbarukan dan efisiensi energi oleh sektor industri di negara-negara *upper middle income*. Malaysia dan Thailand telah memperkuat sektor industri berbasis teknologi dan berintensitas karbon rendah, termasuk manufaktur elektronik, farmasi, dan otomotif listrik. Dengan demikian, hasil penelitian ini yang menunjukkan hubungan negatif dan signifikan antara industrialisasi dan emisi CO₂ mencerminkan transformasi struktural yang konsisten dengan arah kebijakan nasional kedua negara menuju pembangunan industri yang rendah karbon dan berkelanjutan. Dengan demikian, hubungan negatif dan signifikan yang ditemukan dalam penelitian ini mencerminkan keberhasilan transisi struktural, teknologi, dan kebijakan di negara-negara *upper middle income* Asia menuju

industrialisasi yang ramah lingkungan dan selaras dengan agenda pembangunan berkelanjutan global.

4. Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara *High Income* dan *Upper Middle Income* di Asia

a. *High Income*

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwasanya variabel konsumsi energi memiliki nilai koefisien positif terhadap emisi karbon dioksida pada negara-negara *High Income* yang memiliki nilai sebesar 0.000128697995269, Menunjukkan hubungan positif artinya setiap kenaikan 1 TWh variabel konsumsi energi diperkirakan meningkatkan emisi karbon sebesar 0,01286 persen, Oleh karena itu pengaruh positif dan signifikan konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida, pada penelitian ini tidak sesuai dengan hipotesis untuk negara *High Income*. Namun secara statistik konsumsi energi mempengaruhi emisi karbon dioksida.

Berikut ini adalah interpretasi dari data yang menampilkan hubungan antara emisi karbon dioksida (CO₂) per kapita, konsumsi energi per kapita, dan jumlah penduduk di beberapa negara dengan kategori pendapatan tinggi. Data ini menjadi penting untuk dianalisis karena dapat memberikan gambaran mengenai bagaimana intensitas konsumsi energi berpengaruh terhadap tingkat emisi, terlepas dari jumlah penduduk suatu negara

Tabel 37. Rata-rata data CO₂ Perkapita, Konsumsi Energi, Jumlah Penduduk Negara *High Income* Pada Tahun 2011-2022

Negara	CO ₂ per kapita (Juta Ton)	Konsumsi Energi per kapita (KWh)	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)
Brunei	2.202.371	11.2923,8	429.202,58
Israel	7.577.483	34.476,19	863.908,33
Japan	9.282.343	42.096,15	126.823.631,80
Korea Selatan	12,37971	65.742,44	51127910,92
Kuwait	24,55429	108.390,1	3979477,58
Qatar	38,74428	217.983,4	2329886,83

Negara	CO2 per kapita (Juta Ton)	Konsumsi Energi per kapita (KWh)	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)
United Arab Emirates	24,5863	130.465,5	8729638,92
Hong Kong	5,508334	432.82,82	7320991,67
Singapore	8,774705	155.480,5	5519849,08

Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Berdasarkan tabel berikut dapat dilihat bahwasannya data menunjukkan bahwa negara-negara berpendapatan tinggi tidak selalu memiliki emisi CO₂ rendah meskipun jumlah penduduknya kecil. Negara seperti Qatar, Kuwait, dan Uni Emirat Arab mencatat emisi CO₂ per kapita yang sangat tinggi, selaras dengan konsumsi energi per kapita yang juga besar namun jumlah penduduk lebih sedikit dari negara lainnya. Ini menandakan bahwa tingginya emisi lebih dipengaruhi oleh gaya hidup dan pola konsumsi energi, bukan semata oleh jumlah penduduk. Sebaliknya, Jepang dengan populasi terbesar dalam data ini justru memiliki emisi dan konsumsi energi per kapita yang lebih rendah, mengindikasikan penerapan efisiensi energi dan kebijakan lingkungan yang lebih baik. Negara seperti Singapura dan Brunei juga menunjukkan pola serupa, dengan konsumsi energi tinggi dan emisi per kapita signifikan, meski populasinya kecil. Dengan demikian, tingginya emisi karbon di negara maju lebih disebabkan oleh intensitas konsumsi energi per individu dan gaya hidup boros energi, bukan oleh banyaknya penduduk. Upaya pengurangan emisi perlu difokuskan pada efisiensi energi dan transisi ke sumber energi bersih. Selain itu di negara beriklim panas seperti Qatar, UEA, dan Kuwait, penggunaan AC sangat intensif, terutama saat musim panas yang bisa mencapai suhu >45°C. Permintaan listrik melonjak karena penggunaan pendingin udara di rumah, kantor, pusat perbelanjaan, bahkan tempat umum. Jika listrik masih banyak berasal dari pembangkit fosil (misalnya gas alam), maka ini langsung berkontribusi pada emisi karbon yang tinggi (IEA), 2022). Serta negara beriklim dingin seperti Korea Selatan, Israel saat musim dingin juga mengalami lonjakan energi karena penggunaan pemanas ruangan.

Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun negara-negara *High Income* telah berupaya efisiensi dan teknologi rendah karbon, konsumsi energi fosil tetap menjadi salah satu penyumbang utama emisi. Konsumsi energi juga terbilang

masi cukup tinggi pada negara-negara ini dikarenakan tingginya aktivitas industri, kebutuhan energi untuk transportasi dan pemukiman, serta peran mereka sebagai pusat ekonomi global yang mendorong permintaan energi dalam skala besar. Selain itu, ketergantungan pada impor energi fosil dari negara produsen utama turut memperkuat dominasi bahan bakar fosil dalam bauran energi mereka.

Hal ini sejalan dengan penelitian Nikensari (2019) yang menemukan bahwa konsumsi energi berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO₂ pada negara *high income*. Penelitian ini menyebutkan pada negara *high income* seperti Jepang, Korea Selatan, dan Singapura, meskipun konsumsi energi tetap tinggi, efisiensi penggunaan energi jauh lebih baik, ditandai dengan intensitas emisi yang lebih rendah. Sektor industri dan transportasi mereka sudah banyak menerapkan sistem berbasis energi terbarukan atau teknologi rendah emisi, meski ketergantungan pada energi fosil belum sepenuhnya hilang.

Transisi energi yang efektif merupakan kunci pengurangan emisi karbon, bukan hanya pengurangan konsumsi energi semata. Negara-negara maju seperti Jepang dan Singapura telah mulai mengenakan pajak karbon untuk mendorong efisiensi energi dan adopsi teknologi rendah karbon (Jepang sejak 2012, Singapura sejak 2019, di sektor PLTU). Pajak karbon juga dapat menjadi sumber pendanaan untuk investasi dalam energi bersih dan mitigasi iklim (Andersson, 2019). Pemerintah negara-negara di Asia perlu menjadikan pertumbuhan ekonomi sebagai alat strategis untuk mendukung investasi riset energi bersih, inovasi teknologi rendah emisi, serta penguatan regulasi lingkungan. Pengawasan konsumsi energi, adopsi kendaraan listrik, dan pengembangan energi angin atau matahari perlu menjadi bagian dari solusi jangka panjang (Tang, 2017).

b. *Upper Middle Income*

Berdasarkan hasil penelitian ini negara *Upper middle income* memiliki nilai koefisien konsumsi energi sebesar -0.000242687471371. Menunjukkan hubungan negatif signifikan artinya setiap kenaikan 1 TWh variabel konsumsi energi diperkirakan menurunkan emisi karbon sebesar 0,02426 persen. Oleh karena itu pengaruh negatif dan signifikan konsumsi energi terhadap emisi karbon dioksida,

pada penelitian ini tidak sesuai dengan hipotesis untuk negara *upper middle income*. Namun secara statistik konsumsi energi mempengaruhi emisi karbon dioksida.

Klasifikasi negara ini memiliki karakteristik ekonomi yang sedang berkembang pesat, dengan populasi yang umumnya lebih besar dibanding negara-negara maju. Justru pada *negara upper middle income* ini ditemukan hubungan yang berbeda, di mana peningkatan konsumsi energi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan emisi karbon. Untuk mendalami fenomena ini, berikut disajikan data emisi karbon per kapita, konsumsi energi per kapita, dan jumlah penduduk dari beberapa negara *upper middle income* di Asia.

Tabel 38. Rata-rata data CO2 Perkapita, Konsumsi Energi, Jumlah Penduduk Negara *Upper Middle Income* Pada Tahun 2011-2022

Negara	CO2 per kapita (Juta Ton)	Konsumsi Energi per kapita (KWh)	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)
Malaysia	7.752.788	36.436,61	3.202.4367,67
Thailand	3.850.208	19.485,72	70.755.675,42
Azerbaijan	3.567.689	17.299,01	9.751.551,08
Turki	4.856.971	20.650,69	79.753.054,83
Maldives	3.310.557	16.657,55	450.594,67
Mongolia	1.154.249	20.732,17	3.114.444,83
Kazakhstan	1.447.705	41.290,81	18.520.600,50
Georgia	2.567.435	17.845,25	3.724.476,67

Sumber: World Bank (data diolah 2025)

Data dari negara-negara *upper middle income* di Asia menunjukkan bahwa meskipun jumlah penduduk mereka cenderung lebih besar dibanding negara *high income*, konsumsi energi per kapita justru lebih rendah dan emisi CO₂ per kapita juga tidak setinggi negara maju. Misalnya, Thailand memiliki penduduk lebih dari 70 juta jiwa dengan konsumsi energi per kapita sekitar 19.485 kWh, dan emisi CO₂ per kapita hanya 3,85 ton. Begitu pula Turki dengan hampir 80 juta jiwa, konsumsi energi per kapita 20.650 kWh, dan emisi 4,85 ton. Angka ini jauh lebih rendah dibanding negara seperti Qatar atau Kuwait yang penduduknya di bawah 5

juta, namun emisi per kapitanya melebihi 24 hingga 38 ton. Ini berbanding terbalik dengan pola di negara *high income*, meskipun memiliki jumlah penduduk lebih sedikit, justru menunjukkan hubungan positif antara konsumsi energi dan emisi karbon, sementara di negara *upper middle income*, peningkatan energi mulai digunakan secara lebih efisien atau berasal dari sumber yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian (Rifki Khoirudin et al, 2024) pada negara-negara ASEAN juga mendukung temuan ini. Dalam penelitiannya, ditemukan bahwa variabel konsumsi energi memiliki pengaruh negatif signifikan. Sebagian besar negara-negara *upper middle income* dalam penelitian ini memiliki tingkat ketergantungan tinggi terhadap energi fosil dikasarnya 80 persen terhadap emisi karbon dioksida di ASEAN. Negara-negara *upper middle income* seperti Malaysia dan Thailand menunjukkan kecenderungan hubungan negatif yang signifikan antara konsumsi energi dan emisi karbon dioksida, yang dapat dijelaskan melalui kebijakan transisi energi yang mulai dijalankan secara bertahap. Di Malaysia, upaya ini terlihat melalui pengembangan bauran energi terbarukan yang ditargetkan mencapai 31% pada tahun 2025 dan 40% pada tahun 2035, serta pelaksanaan program *Small Renewable Energy Programme* (SREP) yang mendorong pemanfaatan energi biomassa dan mikro-hidro sejak awal 2000-an (SEDA, 2021). Sementara itu, Thailand melalui *Alternative Energy Development Plan* (AEDP) menargetkan kontribusi energi terbarukan sebesar 37% terhadap total konsumsi energi final pada tahun 2036. Negara ini juga merancang peningkatan kapasitas energi terbarukan hingga 29 GW pada tahun 2037 sebagai bagian dari komitmen jangka panjang untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil (Weatherby et al., 2022). Kebijakan dan target ini menunjukkan bahwa konsumsi energi yang meningkat di negara-negara tersebut tidak secara langsung meningkatkan emisi karbon karena telah diarahkan pada sumber yang lebih bersih dan efisien.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menjelaskan perbedaan pengaruh antara, GDP per kapita, industrialisasi, konsumsi energi terhadap tingkat emisi karbon dioksida di dua klasifikasi negara Asia *high income* dan menengah ke atas selama periode 2011-2022. Hasil dari penelitian ini memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat emisi karbon dioksida, di kedua klasifikasi negara tersebut. Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil penelitian selama 2011-2022, teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menunjukkan pola hubungan GDP per kapita dan GDP per kapita kuadrat mengikuti bentuk kurva U-terbalik (koefisien β_1 positif dan β_2 negatif), baik pada kelompok *high income* maupun *upper middle income*. Namun, koefisien tersebut tidak signifikan secara statistik, sehingga hipotesis EKC tidak terbukti pada kedua kelompok negara tersebut. Karena tidak signifikan statistik tidak dapat disimpulkan keberlakuannya secara empiris.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GDP per kapita memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida di negara *high income*. Artinya, semakin tinggi pendapatan per kapita, emisi cenderung menurun. Temuan ini sejalan dengan fase akhir EKC, di mana negara telah bertransisi ke ekonomi rendah karbon. Pada negara *upper middle income*, GDP per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂, yang mencerminkan fase awal EKC, dimana pertumbuhan ekonomi masih dibarengi peningkatan emisi.

3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada negara *high income*, industrialisasi berpengaruh positif namun tidak signifikan terhadap emisi. Artinya secara teoritis pengaruh positif terhadap emisi karbon dioksida tidak sejalan dengan hipotesis penelitian. Namun hubungan tersebut tidak kuat secara statistik. Dengan kata lain, meskipun industrialisasi meningkat, dampaknya terhadap emisi karbon dioksida di 9 negara *High Income* belum terlihat nyata atau konsisten selama penelitian. Pada negara 8 negara *upper middle income*, industrialisasi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Temuan ini menunjukkan bahwa negara-negara ini sudah mulai mengadopsi praktik industri yang lebih ramah lingkungan.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap emisi karbon dioksida, hal ini tidak sejalan dengan hipotesis penelitian awal, Hal ini menunjukkan bahwa meskipun negara-negara ini lebih maju, ketergantungan terhadap energi termasuk energi fosil masih tinggi. Pada negara *upper middle income*, konsumsi energi justru berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Hasil ini tidak sejalan dengan hipotesis awal, dan dapat ditandai sebagai awal dari efisiensi energi atau pergeseran ke sumber energi lebih bersih.
5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel independen yaitu GDP per kapita, industrialisasi, dan konsumsi energi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon di 9 negara *high income* Asia selama periode 2011-2022. Dan hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel independen yaitu GDP per kapita, industrialisasi, dan konsumsi energi secara simultan berpengaruh signifikan terhadap tingkat emisi karbon di 8 negara *upper middle income* di Asia selama periode 2011-2022.

5.2 Saran

1. Pemerintah negara-negara Asia, baik yang tergolong *high income* maupun *upper middle income*, diharapkan memperhatikan bahwa peningkatan GDP per kapita memang mencerminkan kemajuan ekonomi, namun juga berpotensi meningkatkan emisi karbon di beberapa negara. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan, seperti insentif terhadap sektor ramah lingkungan, serta investasi pada teknologi bersih yang dapat menekan emisi tanpa menghambat pertumbuhan ekonomi.
2. Pemerintah dan pemangku kepentingan sektor industri disarankan untuk mengembangkan kebijakan pembangunan industri yang tidak hanya berfokus pada peningkatan nilai tambah, tetapi juga memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan. Upaya ini dapat diwujudkan melalui penerapan teknologi produksi bersih, efisiensi energi, serta kebijakan emisi karbon industri yang ketat untuk menekan dampak negatif industri terhadap lingkungan.
3. Negara-negara di kawasan Asia diharapkan dapat segera mempercepat transisi energi dari energi fosil menuju energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang menghasilkan emisi tinggi. Langkah ini dapat didukung melalui pengembangan kebijakan energi nasional yang mendorong investasi di sektor energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, dan kampanye hemat energi secara luas kepada masyarakat.
4. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menambahkan variabel makroekonomi atau lingkungan lain yang dapat mempengaruhi emisi karbon pada negara-negara Asia, seperti penggunaan energi terbarukan, tingkat urbanisasi, investasi dalam teknologi hijau, atau kebijakan lingkungan nasional. Selain itu, penggunaan pendekatan metode panel dinamis atau eksplorasi lebih lanjut terhadap *turning point* dari *Environmental Kuznets Curve* (EKC) juga dapat memperkaya hasil analisis dan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap dinamika hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon di kawasan Asia.

DAFTAR PUSTAKA

- (IPCC), R. by the I. P. on C. C. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ADB. (2020). Adb Briefs. *Adb Briefs*, 4(100), 1–7.
- Adrian, M. A. (2024). Analisis Pengaruh Aktivitas Ekonomi terhadap Peningkatan Emisi Karbon: Studi Empiris Empat Negara ASEAN. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 12(2), 187–202. <https://doi.org/10.52813/jei.v12i2.379>
- Al-mulali, U. (2011). Oil consumption, CO2 emission and economic growth in MENA countries. *Energy*, 36(10), 6165–6171. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.07.048>
- Allurentis. (2023). *Investing in ASEAN 2023*. 1–60. <https://asean.org/book/investing-in-asean-2023/>
- Andersson, J. J. (2019). Carbon taxes and Co2 emissions: Sweden as a case study. *American Economic Journal: Economic Policy*, 11(4), 1–30. <https://doi.org/10.1257/pol.20170144>
- Armstrong, H. E. (1931). The Paris Observatory. *Nature*, 127(3207), 600–601. <https://doi.org/10.1038/127600a0>
- Asian Development Bank. (2020). Asian Water Development Outlook 2020: Advancing Water Security across Asia and the Pacific. In *Asia Pacific Water Forum*. <https://www.adb.org/publications/asian-water-development-outlook-2020%0Ahttps://www.adb.org/documents/awdo-2020-methodology-data>
- Awodumi, O. B., & Adewuyi, A. O. (2020). The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: Evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100434>
- Bakhri. (2020). Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Globalisasi dan Emisi CO2: Studi Kasus Asean-5. *Research Gate*, August, 2–15. <https://www.researchgate.net/publication/343904443>
- Bank, W. (2023). *World Development Indicators*. <https://data.worldbank.org/indicator>

- Ben Jebli, M., Farhani, S., & Guesmi, K. (2020). Renewable energy, CO₂ emissions and value added: Empirical evidence from countries with different income levels. *Structural Change and Economic Dynamics*, 53, 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.12.009>
- Boucher, O., Friedlingstein, P., Collins, B., & Shine, K. P. (2009). The indirect global warming potential and global temperature change potential due to methane oxidation. *Environmental Research Letters*, 4(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/044007>
- Cochrane, J. H. (2016). The Risk and Return of Macroeconomic Models. *Journal of Economic Perspectives*, 30(2), 5–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1257/jep.30.2.5>
- David I, S., Michael, C. S., & Edward, B. B. (1996). Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development. *World Development*, 24(7), 1151–1160.
- General, D. (1993). The United Nations Conference on Environment and Development. *Journal of Architectural Education*, 46(3), 197–198. <https://doi.org/10.1080/10464883.1993.10734558>
- Ginting, R. F., Prajanti, S. D. W., & Setyadharma, A. (2023). Determinan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dengan Pengujian Environmental Kuznet Curve. *Business and Economic Analysis Journal*, 3(1), 16–24. <https://doi.org/10.15294/beaj.v3i1.41646>
- Grossman & Krueger. (1995). Economic Growth and the Individual. *The Journal of Finance*, 21(3), 550. <https://doi.org/10.2307/2977834>
- 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. (2004). *Basic Econometrics* (4th (Ed.)). McGraw-Hill.
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156–1164. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>
- Hanifah, R., & Yasin, M. (2024). Konsep Industrialisasi dan Transformasi

- Struktural di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 2(3), 01–09. <https://doi.org/10.61132/jepi.v2i3.647>
- Hariyani, H. F., Prasetyo, D. G., Van Ha, T. T., Dam, B. H., & Nguyen, T. T. H. (2024). Unlocking CO₂ emissions in East Asia Pacific-5 countries: Exploring the dynamics relationships among economic growth, foreign direct investment, trade openness, financial development and energy consumption. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(8), 1–20. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.5639>
- Hussain, I., Ahmad, E., & Majeed, M. T. (2023). Curvature and turning point of the environmental Kuznets curve in a global economy: the role of governance. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(18), 53007–53019. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25835-7>
- IEA. (2021). *Energy Efficiency 2021*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021>
- International Energy Agency (IEA). (2022a). *Renewables 2022 Report*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2022b). *Space cooling*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/space-cooling-2>
- Lahope, G., Kunci, K., Terbarukan, E. B., Energi, K., & Energi, T. (2024). Implementasi Kebijakan Energi Nasional (Ken) Indonesia Menuju 23% Target Bauran Energi Baru Terbarukan (Ebt) 2025. *Jurnal Darma Agung*, 2024, 124–135. <https://dx.doi.org.10.46930/ojsuda.v32i1.3945>
- Li, P., Gu, W., Long, C., Schmidt, B. M., Ningthoujam, S. S., Ningombam, D. S., Talukdar, A. D., Choudhury, M. D., Potsangbam, K. S., Singh, H., Khatoon, S., & Isman, M. (2017). Asia. In *Ethnobotany: A Phytochemical Perspective*. <https://doi.org/10.1002/9781118961933.ch6>
- Lin, B., Omoju, O. E., & Okonkwo, J. U. (2015). Impact of industrialisation on CO₂ emissions in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1228–1239. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.164>
- Lu, J., Imran, M., Haseeb, A., Saud, S., Wu, M., Siddiqui, F., & Khan, M. J. (2021). Nexus Between Financial Development, FDI, Globalization, Energy Consumption and Environment: Evidence From BRI Countries. *Frontiers in*

- Energy Research*, 9(September), 1–12.
<https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.707590>
- M Demaz Ardiana, M. N. (2024). Business and Economic Analysis Journal. *Business and Economic Analysis Journal*, 4(1), 86–95.
<https://doi.org/10.15294/beaj.v4i2.s3xb9b51>
- Mankiw, N. G. (2006). *Macroeconomics*. (6th ed.). Worth Publishers. Worth Publishers
- Meng, Y., & Noman, H. (2022). Predicting CO2 Emission Footprint Using AI through Machine Learning. *Atmosphere*, 13(11), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/atmos13111871>
- Muço, K., Valentini, E., & Lucarelli, S. (2021). The relationships between gdp growth, energy consumption, renewable energy production and co2 emissions in european transition economies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(4), 362–373. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11275>
- Munasinghe, M. (1993). *World Bank Environment Paper Number 3: Environmental Economics and Sustainable Development* (Issue 3). <http://documents.worldbank.org/curated/en/638101468740429035/Environment-economic-and-sustainable-development>
- N. Gregory Mankiw. (2008). *Mankiw, N. Gregory. (2008). Principles of Economics*. (6 th). Cengage Learning. Google Books
- Nadeak, S. A. H., & Nasrudin, N. (2023). Pengaruh PDB per Kapita dan Konsumsi Energi terhadap Emisi GRK di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 23(2), 128–145.
<https://doi.org/10.21002/jepi.2023.09>
- Nikensari, S. I., Destilawati, S., & Nurjanah, S. (2019). Studi Environmental Kuznets Curve Di Asia: Sebelum Dan Setelah Millennium Development Goals. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 27(2), 11–25.
<https://doi.org/10.14203/jep.27.2.2019.11-25>
- OECD. (2015). *Environment at a Glance 2013: OECD Indicators (Summary in Italian)*. <https://doi.org/10.1787/9789264185715-sum-it>
- OECD. (2017). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 – The digital transformation. In *New Zealand Science Review* (Vol. 74, Issue 3).

<https://doi.org/10.26686/nzsr.v74i3.8490>

- Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU12197965>
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450–2458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.032>
- Pratama, A. (2022). Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO₂ Di Indonesia. *Jurnal Ecodemica Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis*, 6(1), 98–110. <https://doi.org/10.31294/eco.v6i1.11726>
- Pratiwi, D. R. (2021). Analisis Hubungan Kausalitas Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi, Dan Emisi Co₂ Di Indonesia Pada Periode 1980-2019. *Jurnal Budget: Isu Dan Masalah Keuangan Negara*, 6(1), 17–35. <https://doi.org/10.22212/jbudget.v6i1.67>
- Prinadi, A. N., Sarungu, J. J., Suryantoro, A., & Gravitiani, E. (2022). Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Nilai Tambah Industri, dan Populasi Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Kawasan ASEAN. *Prosding Nasional 2022, 2015*, 6–15.
- Putri, D. H. Z. (2023). *Pengaruh Pertumbuhan EKonomi, Industrialisasi, Konsumsi Energi, Keterbukaan Perdagangan, dan Globalisasi terhadap Emisi Karbon Dioksida di Negara Industri Baru Periode 2009 - 2019*. 01, 1–23.
- Rafif, F., Sumarjiyanto, N., & Maria, B. (2024). *Determinan Emisi Co₂ Pada Negara Anggota Asean*. 13(2), 53–68.
- Rahmawati, A. H. M. (2023). *Pengaruh Konsumsi Listrik, Pertumbuhan Ekonomi, Industrialisasi, Dan Keterbukaan Perdagangan Terhadap Emisi Co₂ Di Indonesia* 12(3), 13–21. <https://repofeb.undip.ac.id/12816/>
- Report, A. D. I. (2022). 【2022. GCP, 6(November), 1–8.
- Rifki Khoirudin et al. (2024). *HUBUNGAN TINGKAT KARBON DENGAN INDIKATOR EKONOMI*. 3(02), 175–185.
- Roser, M., & Ritchie, H. (n. d. . (2023). *CO₂ Emissions by Country*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

- Sadono Sukirno. (2012). *Makroekonomi: Teori Pengantar* (3rd ed.). Rajawali Pers.
- Salim, A., & Sidiq, M. (2022). Dampak Pajak Karbon Terhadap Kelangsungan Bisnis. *Remittance: Jurnal Akuntansi Keuangan Dan Perbankan*, 3(1), 74–81. <https://doi.org/10.56486/remittance.vol3no1.223>
- Schiller, B. R. (2000). *The Macro Economy Today* (7th editio). McGraw-Hill Higher Education.
- SEDA. (2021). *Seda malaysia*.
- Setyadharma, A., Oktavilia, S., Wahyuningrum, I. F. S., & Rosalia, A. C. T. (2023). The Future of Carbon Dioxide Emission in Indonesia: Does Deforestation Matter? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1248(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1248/1/012033>
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Hammoudeh, S., & Shahzad, S. J. H. (2017). Bounds testing approach to analyzing the environment Kuznets curve hypothesis with structural break: The role of renewable energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(6), 5181–5194. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8273-4>
- Suparmoko, M. (2000). (2000). *Pengantar Ekonomi Makro*. Yogyakarta: BPFE.
- Tang, E. (2017). Pengaruh Penanaman Modal Asing, Pendapatan Domestik Bruto, Konsumsi Energi, Konsumsi Listrik, dan Konsumsi Daging Terhadap Kualitas Lingkungan Pada 41 Negara di Dunia dan 17 Negara di Asia Periode 1999–2013. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 6(2), 1896–1914.
- UNFCCC. (2023). *NDC Registry – UN Climate Change*. <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging>
- United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 1972. (1973). *Museum International*, 25(1–2), 117–119. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0033.1973.tb02054.x>
- United Nations Environment Programme. (2011). *UNEP 2011 Annual Report*.
- Virah-Sawmy, D., & Sturmberg, B. (2025). Socio-economic and environmental impacts of renewable energy deployments: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 207(October 2024), 114956.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114956>

- Weatherby, C., Intralawan, A., Junlakarn, S., Kittner, N., Kokchang, P., Schmitt, R., Harou, J., Opperman, J., & Wood, D. (2022). *ALTERNATIVE DEVELOPMENT for Thailand 's Sustainable Study Team*.
- Widarjono, A. (2018). *Ekonometrika Pengantar dan aplikasi Disertai Panduan Eviews (kelima). UPP STIM YKPN*.
- William J. Baumol, A. S. B. (2011). *Economics: Principles and Policy* (11th editi). Cengage Learning.
- World Bank. (1992). *World Development Report*. Oxford University Press.
- World Bank. (2022). *Agriculture, Forestry, and Fishing, Value Added (% of GDP)*. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS>
- Zafar, A., Ullah, S., Majeed, M. T., & Yasmeen, R. (2020). Environmental pollution in Asian economies: Does the industrialisation matter? *OPEC Energy Review*, 44(3), 227–248. <https://doi.org/10.1111/opec.12181>
- Zhang, C., & Zhou, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943–951. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.226>
- Zhang, J. (2021). Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO2 Emissions: Evidence for China. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/jrfm14030093>
- Zhang, J., Alharthi, M., Abbas, Q., Li, W., Mohsin, M., Jamal, K., & Taghizadeh-Hesary, F. (2020). Reassessing the environmental kuznets curve in relation to energy efficiency and economic growth. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su12208346>
- Zou, G., & Chau, K. W. (2023). Energy consumption, economic growth and environmental sustainability: Evidence from China. *Energy Reports*, 9(February), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.251>